



**UNIVERSIDADE DE ÉVORA**

**ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**

**DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA**

**Análise biogeográfica da dieta de um predador de topo  
ao longo da região Paleártica**

**Luísa João Pereira Crisóstomo**

**Orientação: Rui Lourenço**

**Mestrado em Biologia da Conservação**

**Dissertação**

**Évora, 2016**

**UNIVERSIDADE DE ÉVORA**  
**ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

**Análise biogeográfica da dieta de um predador de topo ao longo da  
região Paleártica**

**Luísa João Pereira Crisóstomo**

Orientação: Rui Lourenço

**Mestrado em Biologia da Conservação**

Dissertação

Évora, 2016

## **Análise biogeográfica da dieta de um predador de topo ao longo da região Paleártica**

**Resumo** – Existem vários estudos sobre a dieta de predadores de topo a uma escala local, mas o estudo da dieta de uma espécie ao longo de diferentes regiões geográficas poderá permitir a deteção de certos padrões e variações ecológicas. Para estudar a variação biogeográfica da dieta do bufo-real (*Bubo bubo*) ao longo do Paleártico criou-se uma base de dados baseada em 192 estudos. Pretendia-se analisar padrões em macro-escala de descritores da dieta e avaliar o efeito de diferentes condições ambientais, de descritores da paisagem e da disponibilidade de presas. Registaram-se 346813 presas de 698 espécies distintas. As principais presas são os lagomorfos e os roedores, enquanto que as aves constituem importantes presas alternativas. Temperaturas mais elevadas favorecem a diversidade trófica, mas esta diminui com a latitude e a longitude. Os resultados revelam a natureza oportunista do bufo-real e a sua elevada adaptabilidade trófica a diferentes habitats e condições ambientais.

**Palavras-chave:** Bufo-real; Dieta; Predador de topo; Região Paleártica; Variação biogeográfica

## **Biogeographic analysis of a top predator's diet across the Palearctic Region**

**Summary** – There are several studies about top predators' diet at a local scale, but studying a species diet across different geographic regions may allow the detection of certain patterns and variations which might influence its ecological features. We created a database of 192 papers to study the diet of the Eurasian Eagle Owl (*Bubo bubo*) across the Palearctic region. We analysed large scale biogeographical patterns of diet descriptors in relation to different environmental conditions, including climate, landscape and prey availability. We recorded 346816 preys from 698 different species. The main prey groups are lagomorphs and rodents, whereas birds represent important alternative prey. Higher temperatures favour a higher trophic diversity, which in turn decreases at lower latitudes and longitudes. The results reveal the opportunistic nature of the Eurasian Eagle Owl and its high trophic adaptability to different habitats and environments.

**Keywords:** Eurasian Eagle Owl; Diet; Top predator; Palearctic region; Biogeographical variation



## **Agradecimentos**

Começo por agradecer ao meu orientador, Rui Lourenço, por me ter dado a oportunidade de desenvolver este tema e pelo apoio e ajuda constantes que tornaram possível a concretização desta dissertação em tão pouco tempo.

Quero também agradecer ao Professor João Rabaça pelos conselhos que me deu e que me ajudaram a tomar as decisões que me trouxeram até aqui, a um tema de dissertação do meu inteiro agrado e que correspondia às minhas expectativas e necessidades.

Agradeço também à Sara Moreira pelo apoio quando decidi procurar uma alternativa àquela que tinha sido a minha primeira escolha enquanto tema de dissertação, por me ter indicado a potencial existência de um tema no âmbito do estudo das aves de rapina noturnas e por me ter encaminhado para o meu (ou nosso) atual orientador.

Agradeço o apoio e o ânimo dados pelos meus amigos e colegas.

E o mais importante: agradeço, em particular, à minha Mãe pela paciência que teve para ler este trabalho. Agradeço ainda o apoio incansável e constante da minha família, especialmente dos meus pais, que sempre me apoiaram nas minhas decisões, que me incentivaram a arriscar numa direção diferente e que me proporcionaram a vinda para o Mestrado de Biologia da Conservação na Universidade de Évora.

# Índice

Índice de figuras .....	vi
Índice de Tabelas .....	xii
<b>1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Materiais e métodos .....</b>	<b>5</b>
2.1. Área de estudo .....	5
2.2. Construção da base de dados de estudos de dieta .....	5
2.2.1. Subespécies .....	9
2.3. Variáveis resposta .....	10
2.4. Variáveis explicativas .....	11
2.4.1. Latitude e longitude .....	11
2.4.2. Precipitação .....	12
2.4.3. Temperatura .....	12
2.4.4. Isotermalidade .....	13
2.4.5. Elevação .....	14
2.4.6. Biodiversidade de mamíferos .....	14
2.4.7. Biodiversidade de aves .....	15
2.4.8. Biodiversidade total .....	16
2.4.9. Biomas e ecorregiões (variáveis categóricas) .....	16
2.5. Análise estatística .....	17
2.5.1. Ajuste dos modelos e transformações .....	17
2.5.2. Correlação e colinearidade .....	19
2.5.3. Análise univariada das variáveis explicativas .....	19
2.5.4. Inferência com multimodelos .....	20
2.5.5. Validação dos modelos .....	21
2.5.6. Análise temporal .....	21
2.6. Análise geoestatística .....	22
2.6.1. Mapas dos descritores da dieta do bufo-real .....	22
2.6.2. Mapas dos descritores da dieta com base em interpolação espacial .....	22
<b>3. Resultados .....</b>	<b>23</b>
3.1. Resultados gerais .....	23
3.1.1. Presas consumidas .....	23
3.1.2. Mapas dos descritores da dieta do bufo-real .....	24

3.1.3. Mapas dos descritores da dieta com base em interpolação espacial .....	38
3.2. Análise univariada das variáveis explicativas .....	50
3.3. Análise univariada da variável biomas com ANOVA .....	67
3.4. Análise da inferência com multimodelos .....	75
3.4.1. Percentagem de mamíferos.....	75
3.4.2. Percentagem de roedores .....	76
3.4.3. Percentagem de lagomorfos.....	78
3.4.4. Percentagem de aves.....	79
3.4.5. Percentagem de superpredação.....	81
3.4.6. Peso médio das presas.....	82
3.4.7. Índice de Shannon.....	84
3.5. Análise temporal .....	85
<b>4. Discussão .....</b>	<b>86</b>
4.1. Análise univariada das variáveis explicativas .....	86
4.1.1. Latitude .....	89
4.1.2. Longitude .....	90
4.1.3. Precipitação .....	93
4.1.4. Temperatura .....	95
4.1.5. Isotermalidade .....	98
4.1.6. Elevação .....	98
4.1.7. Biodiversidade de mamíferos .....	100
4.1.8. Biodiversidade de aves .....	100
4.1.9. Biodiversidade total .....	101
4.2. Outras presas na dieta.....	102
4.3. Análise univariada da variável biomas .....	104
4.4. Importância relativa das variáveis - inferência com multimodelos .....	109
4.5. Análise temporal .....	111
<b>5. Conclusões .....</b>	<b>112</b>
<b>Referências bibliográficas .....</b>	<b>114</b>
<b>Anexo I – Lista de espécies encontradas na dieta do bufo-real .....</b>	<b>118</b>
<b>Anexo II – Referências da base de dados da dieta do bufo-real .....</b>	<b>124</b>

## Índice de figuras

<b>Figura 1:</b> Representação da divisão do planisfério nas regiões zoogeográficas e principais espécies que nelas ocorrem. ....	1
<b>Figura 2:</b> Exemplar de bufo-real. ....	3
<b>Figura 3:</b> Mapa representativo da distribuição do bufo-real. ....	5
<b>Figura 4:</b> Mapa representativo da distribuição de cada subespécie de bufo-real. ....	9
<b>Figura 5:</b> Mapa representativo da variação do volume da precipitação ao longo da área de estudo. ....	12
<b>Figura 6:</b> Mapa representativo da variação da temperatura ao longo da área de estudo. ....	13
<b>Figura 7:</b> Mapa representativo da variação da isothermalidade ao longo da área de estudo. ....	13
<b>Figura 8:</b> Mapa representativo da variação da altitude ao longo da área de estudo. ....	14
<b>Figura 9:</b> Mapa representativo da variação da diversidade de mamíferos ao longo da área de estudo. ....	15
<b>Figura 10:</b> Mapa representativo da variação da diversidade de aves ao longo da área de estudo. ....	15
<b>Figura 11:</b> Mapa representativo dos biomas existentes na área de estudo considerada. O mapa e a legenda aqui apresentados são adaptados do sítio da WWF (disponível em <a href="http://wwf.panda.org">http://wwf.panda.org</a> ). ....	16
<b>Figura 12:</b> Mapa representativo do padrão de variação da percentagem de consumo de mamíferos ao longo da área de estudo. ....	24
<b>Figura 13:</b> Mapa representativo do padrão de variação da percentagem de consumo de insetívoros ao longo da área de estudo. ....	25
<b>Figura 14:</b> Mapa representativo do padrão de variação da percentagem de consumo de carnívoros ao longo da área de estudo. ....	25
<b>Figura 15:</b> Mapa representativo do padrão de variação da percentagem de consumo dos roedores ao longo da área de estudo. ....	26
<b>Figura 16:</b> Mapa representativo do padrão de variação da percentagem de consumo dos lagomorfos ao longo da área de estudo. ....	27
<b>Figura 17:</b> Mapa representativo do padrão de variação da percentagem de consumo de aves ao longo da área de estudo. ....	27
<b>Figura 18:</b> Mapa representativo do padrão de variação da percentagem de consumo de galiformes ao longo da área de estudo. ....	28
<b>Figura 19:</b> Mapa representativo do padrão de variação da percentagem de consumo de aves de rapina diurnas ao longo da área de estudo. ....	29

<b>Figura 20:</b> Mapa representativo do padrão de variação da percentagem de consumo de aves de rapina noturnas ao longo da área de estudo. ....	29
<b>Figura 21:</b> Mapa representativo do padrão de variação da percentagem de ocorrência de superpredação ao longo da área de estudo.....	30
<b>Figura 22:</b> Mapa representativo do padrão de consumo de corvídeos ao longo da área de estudo.....	31
<b>Figura 23:</b> Mapa representativo do padrão de consumo de répteis ao longo da área de estudo.....	31
<b>Figura 24:</b> Mapa representativo do padrão de consumo de peixes ao longo da área de estudo ...	32
<b>Figura 25:</b> Mapa representativo do padrão de consumo de anfíbios ao longo da área de estudo.....	32
<b>Figura 26:</b> Mapa representativo do padrão de consumo de invertebrados ao longo da área de estudo.....	33
<b>Figura 27:</b> Mapa representativo do padrão de variação da percentagem de biomassa de mamíferos consumida ao longo da área de estudo. ....	34
<b>Figura 28:</b> Mapa representativo do padrão de variação da percentagem de biomassa de roedores consumida ao longo da área de estudo.....	34
<b>Figura 29:</b> Mapa representativo do padrão de variação da percentagem de biomassa de lagomorfos consumida ao longo da área de estudo. ....	35
<b>Figura 30:</b> Mapa representativo da variação da percentagem de biomassa de aves consumidas ao longo da área de estudo.....	36
<b>Figura 31:</b> Mapa representativo da variação do índice de Shannon ao longo da área de estudo.....	36
<b>Figura 32:</b> Mapa representativo da variação do índice de Simpson ao longo da área de estudo.....	37
<b>Figura 33:</b> Mapa representativo da variação do peso médio das presas ao longo da área de estudo.....	37
<b>Figura 34:</b> Mapa representativo da variação estimada da percentagem de mamíferos na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo.....	38
<b>Figura 35:</b> Mapa representativo da variação estimada da percentagem de insetívoros na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo.....	39
<b>Figura 36:</b> Mapa representativo da variação estimada da percentagem de roedores na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo.....	39
<b>Figura 37:</b> Mapa representativo da variação estimada da percentagem de lagomorfos na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo.....	40

<b>Figura 38:</b> Mapa representativo da variação estimada da percentagem de carnívoros na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo.....	40
<b>Figura 39:</b> Mapa representativo da variação estimada da percentagem de aves na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo.....	41
<b>Figura 40:</b> Mapa representativo da variação estimada da percentagem de galiformes na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo. ....	41
<b>Figura 41:</b> Mapa representativo da variação estimada da percentagem de aves de rapina diurnas na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo.....	42
<b>Figura 42:</b> Mapa representativo da variação estimada da percentagem de aves de rapina noturnas na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo. ....	43
<b>Figura 43:</b> Mapa representativo da variação estimada da percentagem de corvídeos na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo.....	43
<b>Figura 44:</b> Mapa representativo da variação estimada da percentagem de superpredação na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo.....	44
<b>Figura 45:</b> Mapa representativo da variação estimada da percentagem de répteis na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo.....	44
<b>Figura 46:</b> Mapa representativo da variação estimada da percentagem de anfíbios na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo.....	45
<b>Figura 47:</b> Mapa representativo da variação estimada da percentagem de peixes na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo.....	45
<b>Figura 48:</b> Mapa representativo da variação estimada da percentagem de invertebrados na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo.....	46
<b>Figura 49:</b> Mapa representativo da variação estimada da percentagem de biomassa de mamíferos na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo. ....	46
<b>Figura 50:</b> Mapa representativo da variação estimada da percentagem de biomassa de roedores na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo. ....	47
<b>Figura 51:</b> Mapa representativo da variação estimada da percentagem de biomassa de lagomorfos na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo.. ....	47
<b>Figura 52:</b> Mapa representativo da variação estimada da percentagem de biomassa de aves na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo.....	48
<b>Figura 53:</b> Mapa representativo da variação estimada do índice de Shannon ao longo da área de estudo.....	48
<b>Figura 54:</b> Mapa representativo da variação estimada do índice de Simpson ao longo da área de estudo.....	49
<b>Figura 55:</b> Mapa representativo da variação estimada do peso médio das presas ao longo da área de estudo.....	49

<b>Figura 56:</b> Gráficos da relação linear entre a percentagem de mamíferos (%) presente da dieta do bufo-real e (A) a precipitação média anual (mm); (B) a biodiversidade de mamíferos; e (C) a biodiversidade total. ....	50
<b>Figura 57:</b> Gráficos da relação linear entre a percentagem de insetívoros (%) presente na dieta do bufo-real e (A) a latitude, (B) a longitude, (C) a temperatura média anual (°C), (D) a isothermalidade (%), (E) a biodiversidade de aves e (F) a biodiversidade de mamíferos .....	51
<b>Figura 58:</b> Gráficos da relação linear entre a percentagem de roedores (%) presente na dieta do bufo-real e (A) a latitude, (B) a longitude, (C) a temperatura média anual (°C) e a (D) isothermalidade (%). ....	52
<b>Figura 59:</b> Gráficos da relação linear entre a percentagem de lagomorfos (%) presente na dieta do bufo-real e (A) a latitude, (B) a longitude, (C) a precipitação média anual (mm), (D) a temperatura média anual (°C), (E) a isothermalidade (%) e (F) a biodiversidade de mamíferos. ....	53
<b>Figura 60:</b> (A) Gráfico da relação linear entre a percentagem de carnívoros (%) presente na dieta do bufo-real e a biodiversidade de aves; (B) Gráfico da relação entre a percentagem de carnívoros (%) e as diferentes classes de altitude. ....	54
<b>Figura 61:</b> (A) Gráfico da relação linear entre a percentagem de aves (%) presente na dieta do bufo-real e a biodiversidade total; (B) Relação entre a percentagem de aves (%) e as diferentes classes de altitude. ....	54
<b>Figura 62:</b> Gráficos da relação linear entre a percentagem de galiformes (%) presente na dieta do bufo-real e (A) a longitude, (B) a biodiversidade de aves, (C) a biodiversidade total e (D) a temperatura (°C). ....	55
<b>Figura 63:</b> Gráficos da relação linear entre a percentagem de rapinas diurnas (%) presente na dieta do bufo-real e (A) a isothermalidade (%) e (B) a biodiversidade de mamíferos. ....	56
<b>Figura 64:</b> Gráficos da relação linear entre a percentagem de aves de rapina noturnas (%) presente na dieta do bufo-real e (A) a latitude, (B) a longitude, (C) a temperatura média anual (°C) e (D) a isothermalidade (%). ....	56
<b>Figura 65:</b> Gráficos da relação linear entre a percentagem de corvídeos (%) presente na dieta do bufo-real e (A) a isothermalidade (%) e (B) a biodiversidade de mamíferos. ....	57
<b>Figura 66:</b> Gráfico da relação linear entre a percentagem de superpredação (%) e a longitude. ....	57
<b>Figura 67:</b> Gráficos da relação linear entre a percentagem de biomassa de mamíferos (%) presente na dieta do bufo-real e (A) a longitude, (B) a precipitação média anual (mm), (C) a isothermalidade (%), a temperatura média anual (°C) e (E) a biodiversidade de aves. (F) Gráfico da relação linear entre a percentagem de biomassa de mamíferos (%) e as classes de elevação. ....	58
<b>Figura 68:</b> Gráficos da relação linear entre a percentagem de biomassa de roedores (%) e (A) a latitude, (B) a longitude, (C) a temperatura média anual (°C) e (D) a isothermalidade (%). ....	59

<b>Figura 69:</b> Gráficos da relação linear entre a percentagem de biomassa de lagomorfos (%) e (A) a latitude, (B) a longitude, (C) a precipitação média anual (mm), (D) a temperatura média anual e (E) a isothermalidade (%).	60
<b>Figura 70:</b> Gráficos da relação linear entre a percentagem de biomassa de aves (%) presente na dieta do bufo-real e (A) a longitude, (B) a precipitação média anual (mm), (C) a biodiversidade de aves, (D) a biodiversidade total, (E) a temperatura média anual (°C) e a isothermalidade (%).	61
<b>Figura 71:</b> Gráfico da relação linear entre a percentagem de biomassa de aves (%) e as classes de elevação.	62
<b>Figura 72:</b> Gráficos da relação linear entre o índice de Shannon (diversidade trófica) e (A) a latitude, (B) a longitude, (C) a temperatura média anual (°C), (D) a isothermalidade (%) e (E) a biodiversidade de mamíferos.	63
<b>Figura 73:</b> Gráficos da relação linear entre o índice de Simpson (diversidade trófica) e (A) a latitude, (B) a longitude, (C) a temperatura média anual (°C), (D) a isothermalidade (%) e (E) a biodiversidade de mamíferos.	64
<b>Figura 74:</b> Gráficos da relação linear entre o peso médio das presas e (A) a temperatura média anual (°C), (B) a isothermalidade (%) e (C) a longitude.	65
<b>Figura 75:</b> (A) Relação entre a percentagem de mamíferos (%) e os biomas onde existe registo de dieta do bufo-real. (B) Relação entre a percentagem de insetívoros (%) e os biomas onde existe registo de dieta do bufo-real.	68
<b>Figura 76:</b> (A) Relação entre a percentagem de roedores (%) e os biomas onde existe registo de dieta do bufo-real. (B) Relação entre a percentagem de lagomorfos (%) e os biomas onde existe registo de dieta do bufo-real.	69
<b>Figura 77:</b> (A) Relação entre a percentagem de carnívoros (%) e os biomas onde existe registo de dieta do bufo-real. (B) Relação entre a percentagem de aves (%) e os biomas onde existe registo de dieta do bufo-real.	70
<b>Figura 78:</b> (A) Relação entre a percentagem de rapinas diurnas (%) e os biomas onde existe registo de dieta do bufo-real. (B) Relação entre a percentagem de rapinas noturnas (%) e os biomas onde existe registo de dieta do bufo-real.	70
<b>Figura 79:</b> (A) Relação entre a percentagem de corvídeos (%) e os biomas onde existe registo de dieta do bufo-real. (B) Relação entre a percentagem de superpredação (%) e os biomas onde existe registo de dieta do bufo-real.	71
<b>Figura 80:</b> (A) Relação entre a percentagem de biomassa de mamíferos (%) e os biomas onde existe registo de dieta do bufo-real. (B) Relação entre a percentagem de biomassa de roedores (%) e os biomas onde existe registo de dieta do bufo-real.	72



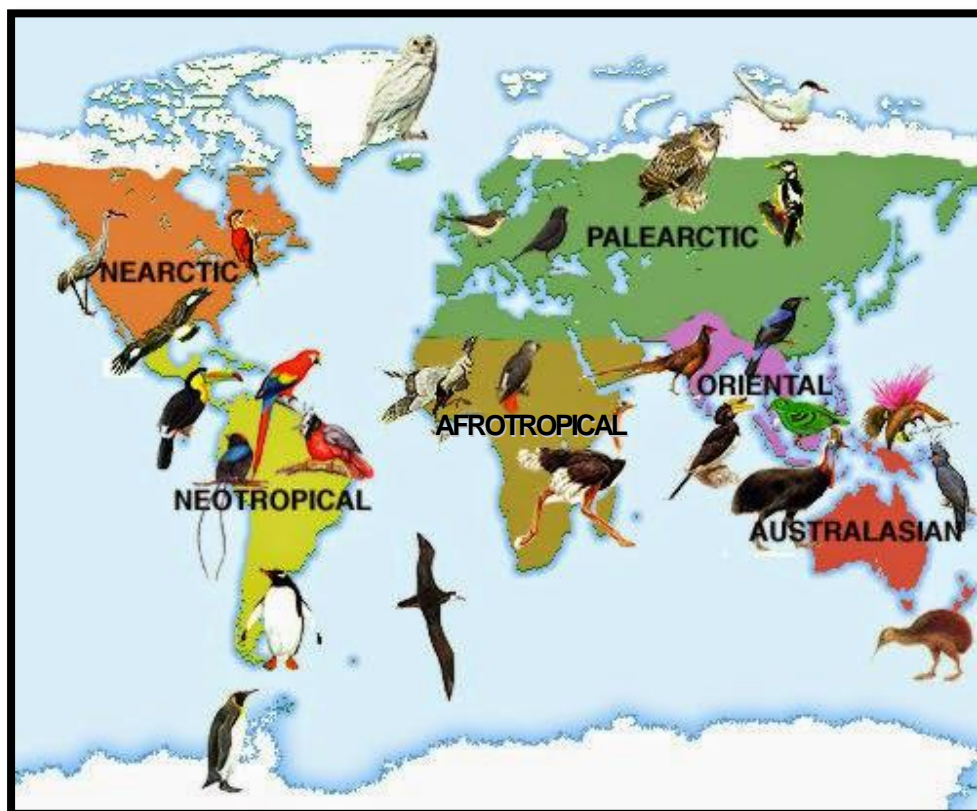
<b>Figura 81:</b> (A) Relação entre a percentagem de biomassa de lagomorfos (%) e os biomas onde existe registo de dieta do bufo-real. (B) Relação entre a percentagem de biomassa de aves (%) e os biomas onde existe registo de dieta do bufo-real.....	73
<b>Figura 82:</b> (A) Relação entre o índice de Shannon e os biomas onde existe registo de dieta do bufo-real. (B) Relação entre o índice de Simpson e os biomas onde existe registo de dieta do bufo-real.. .....	74
<b>Figura 83:</b> Relação entre o peso médio das presas e os biomas onde existe registo de dieta do bufo-real.. .....	74
<b>Figura 84:</b> (A) Relação entre a percentagem de mamíferos (%) e os períodos de tempo decorridos. (B) Relação entre a percentagem de biomassa de mamíferos (%) e os períodos de tempo decorridos. ....	85
<b>Figura 85:</b> Relação entre a percentagem de galiformes (%) e os períodos de tempo decorridos.....	86

## Índice de Tabelas

<b>Tabela 1:</b> Descrição geral da percentagem de presas pertencentes aos principais grupos consumidos pelo bufo-real na região Paleártica.....	23
<b>Tabela 2:</b> Resumo dos resultados obtidos na análise de regressão linear entre as várias variáveis resposta e explicativas.. .....	66
<b>Tabela 3:</b> Resultados das diferenças de cada variável resposta entre os biomas considerados.....	67
<b>Tabela 4:</b> Componentes calculadas para cada um dos possíveis melhores modelos explicativos da percentagem de mamíferos .....	75
<b>Tabela 5:</b> Parâmetros do modelo médio e importância relativa das variáveis (IRV) para a percentagem de mamíferos na dieta do bufo-real. ....	76
<b>Tabela 6:</b> Componentes calculadas para cada um dos possíveis melhores modelos explicativos da percentagem de roedores. ....	77
<b>Tabela 7:</b> Parâmetros do modelo médio e importância relativa das variáveis (IRV) para a percentagem de roedores na dieta do bufo-real. ....	77
<b>Tabela 8:</b> Componentes calculadas para cada um dos possíveis melhores modelos explicativos da percentagem de lagomorfos.. .....	78
<b>Tabela 9:</b> Parâmetros do modelo médio e importância relativa das variáveis (IRV) para a percentagem de lagomorfos na dieta do bufo-real. ....	79
<b>Tabela 10:</b> Componentes calculadas para cada um dos possíveis melhores modelos explicativos da percentagem de aves.. .....	80
<b>Tabela 11:</b> Parâmetros do modelo médio e importância relativa das variáveis (IRV) para a percentagem de aves na dieta do bufo-real. ....	80
<b>Tabela 12:</b> Componentes calculadas para cada um dos possíveis melhores modelos explicativos da percentagem de superpredação. ....	81
<b>Tabela 13:</b> Parâmetros do modelo médio e importância relativa das variáveis (IRV) para a percentagem de superpredação na dieta do bufo-real. ....	82
<b>Tabela 14:</b> Componentes calculadas para cada um dos possíveis melhores modelos explicativos do peso médio das presas. ....	83
<b>Tabela 15:</b> Parâmetros do modelo médio e importância relativa das variáveis (IRV) para o peso médio das presas na dieta do bufo-real .....	83
<b>Tabela 16:</b> Componentes calculadas para cada um dos possíveis melhores modelos.....	84
<b>Tabela 17:</b> Parâmetros do modelo médio e importância relativa das variáveis (IRV).....	84

## 1. Introdução

A superfície da Terra encontra-se dividida a nível continental em várias regiões biogeográficas (Kreft & Jetz, 2010) que refletem, de um modo abrangente, a distribuição da fauna e da flora em todo o planeta (Olson *et al.*, 2001). De entre elas, aqui destaca-se a região Paleártica (representada na figura 1), que inclui toda a Eurásia, as ilhas que a rodeiam, o Norte de África e o deserto Sahara (Udvardy, 1975). É constituída por diversos biomas, incluindo florestas temperadas de caducifólias e de coníferas, florestas boreais, prados, matagais xéricos e mediterrânicos, zonas montanhosas, tundra, savana e desertos (Olson *et al.*, 2001). Engloba também uma elevada diversidade de condições climáticas, desde baixas temperaturas a latitudes elevadas, passando pelo clima mediterrânico com verões quentes e secos e invernos frios e húmidos, até ao clima desértico e áreas de condições xéricas, onde a escassez de água predomina ao longo de todo o ano (Olson *et al.*, 2000). Todo este conjunto de variáveis biogeográficas pode influenciar o modo como diferentes espécies respondem às alterações do meio (Mouchet *et al.*, 2015).



**Figura 1:** Representação das regiões zoogeográficas e de algumas espécies de vertebrados que nelas ocorrem (fonte da imagem: edutechpost.wordpress.com).

A disponibilidade de presas é crucial para a subsistência de predadores (Lima, 1998; Sundell *et al.*, 2004). Contudo, a riqueza de espécies depende de diversos fatores, nomeadamente a temperatura, a disponibilidade de água, a produtividade, a sazonalidade e a heterogeneidade do habitat. Por essa razão, a dieta dos predadores, e as suas interações tróficas, podem variar de acordo com as distribuições latitudinal, ambiental e biogeográfica das espécies que constituem as suas presas (Kissling *et al.*, 2012; Lourenço *et al.*, 2015). No caso particular dos predadores de topo, as interações predatórias que estabelecem são muitas vezes essenciais para a estruturação das comunidades de vertebrados e também, em certos casos, para regular a densidade de mesopredadores comuns (Lourenço *et al.*, 2011).

É importante conhecer os padrões espaciais e temporais do comportamento de aves predadoras, que se encontram associados à obtenção de alimento (Schweiger *et al.*, 2014). E, embora os estudos sobre a dieta de predadores de topo a uma escala local sejam usuais, o mesmo não se verifica a uma macro-escala espacial (Moleón *et al.*, 2009), estando ainda limitados a certas espécies localizadas em determinadas áreas geográficas e em condições ambientais restritas (Schweiger *et al.*, 2014). Assim sendo, o estudo desses padrões em diferentes regiões geográficas poderá ajudar a compreender as implicações para a alimentação de diversas espécies ao nível ecológico, evolutivo e conservacionista (Moleón *et al.*, 2009; Schweiger *et al.*, 2014)

As variações na dieta podem dever-se a alterações temporais e/ou climáticas, a gradientes biogeográficos, à heterogeneidade dos habitats (Clavero *et al.*, 2003; Letnic *et al.*, 2011; Moleón *et al.*, 2009), à disponibilidade de água, à produtividade e à sazonalidade (Kissling *et al.*, 2012), entre outros. São estes fatores que influenciam, de modo distinto, a abundância e o comportamento de espécies em diferentes escalas espaciais (Letnic *et al.*, 2011). Sundell *et al.* (2004), por exemplo, descrevem a variação temporal de uma população de micromamíferos e a sua sincronização com a alimentação dos seus predadores. Quando se verifica a diminuição de uma população de micromamíferos a nível local, os seus predadores poderão procurar outras áreas de caça ou optar por diminuir o esforço reprodutivo (Sundell *et al.*, 2004). Alternativamente, os mesmos poderão especializar-se numa espécie diferente quando a sua presa predileta se torna menos abundante (Lowe *et al.*, 2007). Outro exemplo já bastante conhecido trata-se do gradiente latitudinal ao longo do qual se verifica o aumento da riqueza de espécies no sentido das regiões polares para as regiões tropicais (Kissling *et al.*, 2012; Clavero *et al.*, 2003). A altitude também desempenha uma função idêntica à da latitude: durante as estações mais frias do ano, observa-se a migração de diversas espécies de aves em direção a sul e a regiões de menor altitude,

provenientes de regiões localizadas a norte e de regiões de grande elevação (Fuentes, 1992). Este fenómeno contribui assim para a variação da abundância de espécies em certas regiões e em determinadas épocas do ano.

Um exemplo de um predador de topo trata-se do bufo-real *Bubo bubo* (figura 2), uma espécie de ave de rapina noturna, normalmente generalista (Lourenço *et al.*, 2015), com uma extensa e contínua distribuição mundial e europeia bem conhecida (König & Weick, 2009; Mikkola, 1983). Ocorre na maior parte da região Paleártica, desde a Península Ibérica até ao extremo este da Rússia e ao norte do Japão (Birdlife International, 2015); está ainda presente em todo o Portugal continental, sendo mais comum no interior (Atlas das Aves Nidificantes em Portugal, 2008). Em Portugal está classificado com o estatuto de conservação *Quase Ameaçado* (NT), enquanto que na Europa é considerado como *Depauperado* (ICNF, 2005).



**Figura 2:** Exemplar de bufo-real.  
(Fotografia: Luísa Crisóstomo)

O bufo-real ocupa uma grande variedade de habitats, desde florestas de coníferas em regiões de taiga no norte, até aos desertos no sul (Mikkola, 1983). Este predador de topo pode depender de zonas escarpadas e de afloramentos rochosos para nidificar e pode ser encontrado junto a grandes rios e ribeiras. Encontra-se ainda associado a áreas de vegetação constituída por matos e matagais densos e contínuos (ICNF, 2005).

Trata-se também de uma espécie sedentária e muito territorial. A área do seu território depende, em grande parte, da quantidade de presas disponíveis (Mikkola, 1983) e a sua dieta varia localmente. Pode incluir os mais variados *taxa*, desde coleópteros e outros invertebrados, a crias de corço e outros mamíferos, aves (incluindo outras rapinas), répteis e anfíbios (Mikkola, 1983). Quando são abundantes em certas regiões, é também capaz especializar a sua alimentação em coelhos-bravos (*Oryctolagus cuniculus*), lebres (*Lepus* spp.), ratazanas (*Rattus* spp.) e pequenos roedores (Lourenço *et al.*, 2015).

As aves em geral, e nomeadamente o bufo-real, constituem excelentes modelos de estudo uma vez que tanto a sua distribuição como a sua dieta são já bem conhecidas. Sabe-se ainda que o estudo da dieta de uma espécie permite conhecer as suas adaptações ao nível da alimentação e compreender o seu papel funcional num dado ecossistema. Deste modo, é possível determinar as

funções ecológicas que são semelhantes em diferentes regiões do mundo, através das variações observadas ao nível ambiental e biogeográfico numa escala global (Kissling *et al.*, 2012).

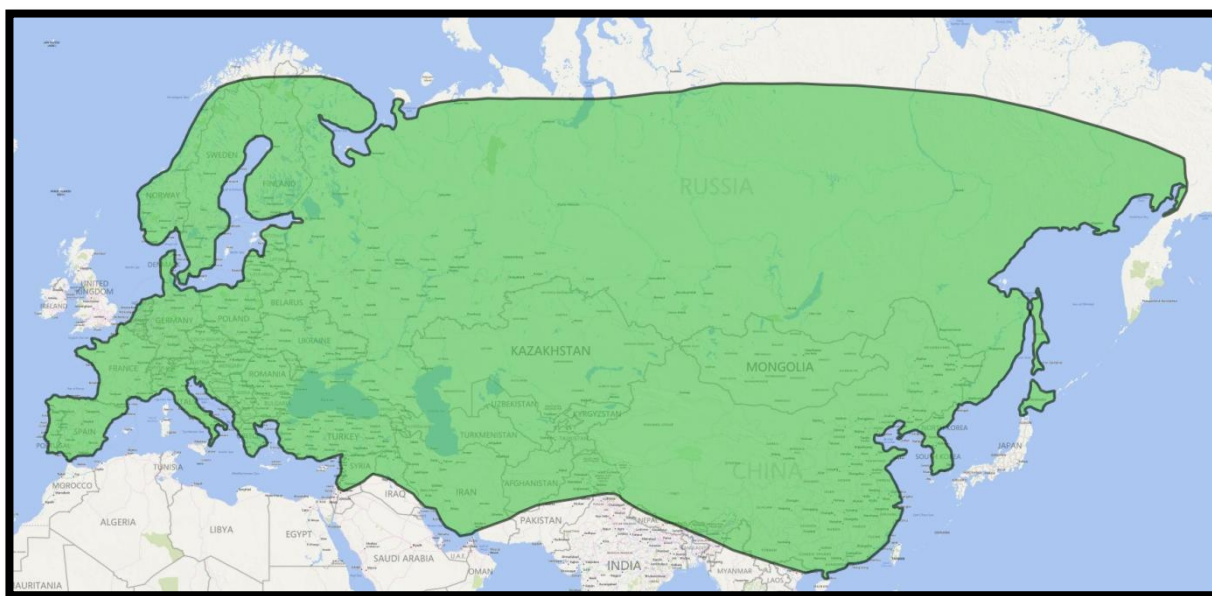
Nesse sentido, este trabalho tinha como principal objetivo determinar quais os fatores biogeográficos e ambientais que influenciam, e de que forma, a dieta do bufo-real. Para além disso, pretendia-se também verificar a elevada adaptabilidade da sua dieta aos diferentes tipos de habitats encontrados ao longo da sua distribuição na região Paleártica.

Assim sendo, para avaliar a variação da dieta do bufo-real a uma macro-escala, ao longo da sua distribuição na região Paleártica, foi criada uma base de dados, a partir de uma extensa revisão bibliográfica, que inclui dados recolhidos desde os anos 30 até à atualidade. Foi analisada a relação existente entre variáveis explicativas (latitude, biomas, variações climáticas e temporais, caracterização da tipologia dos ambientes e diversidade da comunidade de presas) e variáveis descritoras da dieta da espécie em estudo (percentagem de presas consumidas e peso médio das mesmas, diversidade trófica e superpredação).

## 2. Materiais e métodos

### 2.1. Área de estudo

A área de estudo retratada corresponde à área de distribuição global do bufo-real, compreendida na região do Paleártico (figura 3). A espécie encontra-se distribuída desde a Península Ibérica até ao extremo oriental da Rússia e norte do Japão, com limites aproximadamente entre -9,5º e 156,5º de longitude e entre 22,2º e 70º de latitude (Birdlife International, 2015). A região do Paleártico apresenta uma elevada diversificação relativamente às variáveis geográficas e climáticas. Inclui regiões planas, próximas do nível médio das águas do mar, e regiões vastas localizadas a altitudes superiores a 3000m de altitude. A gama de temperaturas médias anuais também é elevada, variando aproximadamente entre os -20ºC e os 28ºC. Mais ainda, os valores de precipitação média anual também podem variar entre um valor mínimo aproximado de 10mm até um volume superior a 2700mm (Worldclim, 2016).



**Figura 3:** Mapa representativo da distribuição do bufo-real. Adaptado de Cochet (2006).

### 2.2. Construção da base de dados de estudos de dieta

Em primeiro lugar, foram recolhidos todos os trabalhos que incluíam dados detalhados acerca da dieta do bufo-real e das suas subespécies (segundo Cochet, 2006), nomeadamente a subespécie nominal *Bubo bubo bubo*, e as restantes: *hispanus*, *ruthenus*, *interpositus*, *turcomanus*, *sibiricus*, *omissus*, *nikolskii*, *hemachalana*, *yenisseensis*, *jakutensis*,

*ussuriensis*, *kiautschensis* e *swinhoei*. Foram encontrados estudos relativos a *Bubo bubo* (144 trabalhos, t.), *B. b. hemachalana* (2 t.), *B. b. hispanus* (20 t.), *B. b. interpositus* (12 t.), *B. b. kiautschensis* (2 t.), *B. b. ruthenus* (6 t.), *B. b. sibiricus* (1 t.), *B. b. turcomanus* (9 t.) e *B. b. ussuriensis* (4 t.). Todos os trabalhos foram obtidos através de pesquisa (*Google*), da consulta das referências bibliográficas dos artigos encontrados e ainda através do contacto com os autores que se sabia trabalharem com a espécie em estudo. Utilizaram-se assim dados não publicados e outros provenientes de artigos publicados e de bibliografia cinzenta (dissertações). Todavia, não foi possível incluir alguns trabalhos visto que: (i) apenas os resultados de um grupo predado eram apresentados (por exemplo, apenas os mamíferos) e os restantes eram rejeitados pelo(s) autor(es), pois não eram relevantes para o objetivo do estudo; (ii) focavam-se apenas numa espécie-presa em particular e as restantes eram rejeitadas pela mesma razão; (iii) alguns casos apresentavam apenas as espécies ou grupos taxonómicos que eram consumidos sem os quantificar; (iv) o tamanho amostral era insuficiente (inferior a 50 presas).

Em seguida, com base na informação disponível, foi construída uma tabela global da dieta do bufo-real com dados provenientes de uma extensa lista de referências bibliográficas (192 no total) sobre estudos realizados num total de 30 países. Estes incluem: Áustria (8 trabalhos, t.), Bulgária (6 t.), China (1 t.), República Checa (6 t.), Dinamarca (1 t.), Estónia (2 t.), Finlândia (11 t.), França (27 t.), Alemanha (15 t.), Grécia (2 t.), Hungria (3 t.), Itália (13 t.), Cazaquistão (1 t.), Quirguistão (1 t.), Mongólia (2 t.), Rússia (25 t.), Holanda (2 t.), Noruega (5 t.), Polónia (7 t.), Portugal (2 t.), Roménia (5 t.), Eslováquia (7 t.), Eslovénia (1 t.), Coreia do Sul (2 t.), Espanha (18 t.), Suécia (4 t.), Suíça (8 t.), Síria (1 t.), Turquia (3 t.) e Ucrânia (3 t.). Com recurso ao *Google Earth*, as coordenadas de cada uma das áreas de estudo consideradas foram extraídas e registadas. Os dados foram ainda datados em intervalos de tempo, desde 1930 até 2014, calculando o centróide do período durante o qual cada estudo foi realizado.

A tabela global inclui o registo de todas as espécies de presas do bufo-real, pertencentes aos mais diversos grupos taxonómicos, incluindo mamíferos, aves, répteis, anfíbios, peixes e invertebrados. Em determinados trabalhos, os autores referiam que nem sempre era possível determinar a espécie com precisão, pelo que alguns resultados incluem apenas ordens, famílias ou géneros das presas encontradas. Os dados foram, inicialmente, inseridos na base de dados ao nível taxonómico mais detalhado apresentado pelos autores,



organizando-se, em seguida, em grupos de presas para análise. A tabela inclui também os pesos médios de cada espécie ou género obtidos a partir da *Encyclopedia of Life* (disponível em <http://eol.org/>) e do *HBW Alive: Handbook of the Birds of the World* (disponível em <http://www.hbw.com/>). A percentagem, ou o número total, de cada *táxon* e o número total de presas presentes em cada estudo foram obtidos a partir da bibliografia utilizada. Nos casos em que apenas a percentagem era fornecida, foi necessário calcular o número total de indivíduos encontrados num dado *táxon*. Com base nestes dados, foram calculados, para cada trabalho, o peso total de presas da amostra (i), a percentagem de cada presa em termos de biomassa (ii), o peso médio do conjunto de presas em cada amostra (iii) e os índices de Shannon (iv) e de Simpson (v). Enquanto que o índice de Shannon tem em conta tanto o número de espécies como as suas abundâncias relativas, o índice de Simpson mede a dominância de uma espécie num dado habitat e o número de espécies observado como medida da diversidade (Buzas, 1972). Ambos os índices de diversidade trófica foram calculados ao nível taxonómico das ordens das presas consumidas. Para os cálculos foram utilizadas as fórmulas apresentadas abaixo:

$$(i) P = \sum ni \times pi \quad (g),$$

$$(ii) \%B = \sum \frac{pi}{P} \times 100 (\%)$$

sendo **ni** o número de presas de um *táxon*  
e **pi** o peso individual de cada *táxon*

$$(iii) PMW = \sum \frac{P}{N},$$

sendo **N** o nº total de presas  
na amostra

$$(iv) H' = \sum_{i=1}^s pi \ln pi,$$

sendo **S** o nº total de taxa,  
**pi** é a abundância relativa  
dada pela razão entre **ni** e **N**

$$(v) D = \frac{\sum_{i=1}^s ni(ni - 1)}{N(N - 1)}$$

Relativamente aos mamíferos, foram encontrados dados relativos às espécies das ordens Chiroptera, Insectivora, Carnivora, Artiodactyla, Rodentia e Lagomorpha; quanto às aves, foram encontradas espécies pertencentes às ordens Podicipediformes,

Pelecaniformes, Ciconiiformes, Anseriformes, Accipitriformes, Galliformes, Gruiformes, Charadriiformes, Columbiformes, Strigiformes, Caprimulgiformes, Cuculiformes, Apodiformes, Coraciiformes, Piciformes e Passeriformes, incluindo corvídeos. Foram também identificadas espécies de répteis, de anfíbios, de peixes e de invertebrados entre as presas do bufo-real. Contudo, apenas foram consideradas as ordens cuja amostra de presas era representativa para a análise estatística.

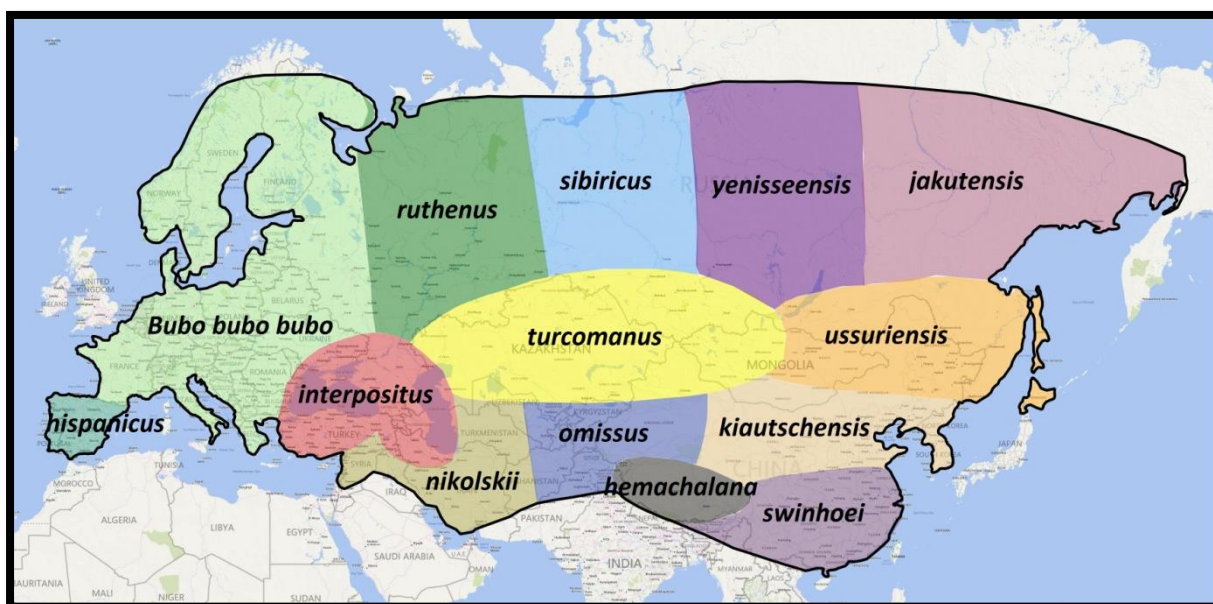
Com base nos dados recolhidos e calculados anteriormente, foi construída uma base de dados que resume toda a informação obtida. Inclui as referências de cada trabalho, os intervalos de tempo (e o ano médio) durante os quais os estudos foram realizados, o país e respetiva área de estudo e as subespécies de bufo-real, às quais correspondem os dados. Inclui também as variáveis geográficas e ambientais (as explicativas ou independentes), as coordenadas de cada área de estudo (latitude e longitude), os biomas e as ecorregiões onde se inserem, os descritores climáticos (precipitação anual, temperatura média anual e isothermalidade), as classes de altitude a que os estudos foram realizados e ainda os valores de biodiversidade de mamíferos, de aves e a total (em termos de riqueza de espécies) como índices de medição da disponibilidade de presas. Na base de dados foram também incluídos os descritores da dieta (variáveis-resposta ou dependentes), ou seja, a percentagem na dieta dos grupos de presas principais (total de mamíferos, insetívoros, roedores, carnívoros e lagomorfos; total de aves, Galliformes, aves de rapina diurnas e noturnas (Accipitriformes, Falconiformes, Strigiformes) e corvídeos (Corvidae); répteis, anfíbios, peixes e invertebrados; a diversidade trófica traduzida pelos índices de Shannon e de Simpson, o peso médio das presas; e ainda a percentagem de biomassa dos mamíferos, dos roedores, dos lagomorfos e das aves. As variáveis explicativas foram escolhidas em função da hipótese formulada, isto é, foram selecionadas aquelas que, à partida, mais influenciam a dieta do bufo-real em diferentes regiões. O tamanho médio das amostras (N) foi incluído para verificar a relação das variáveis descritoras com os tamanhos amostrais e, assim, averiguar a existência de diferenças entre amostras de menor e de maior dimensão.

Nos diversos parâmetros da base de dados, relativos às variáveis explicativas, alguns valores são nulos (zero) e outros correspondem a NA (*not available*). Os valores nulos surgem principalmente ao nível das percentagens das presas e significam que um determinado *táxon* não foi encontrado nas análises da dieta do bufo-real. Por outro lado, um NA significa que, apesar de ter sido realizada uma análise completa da dieta num dado

trabalho, o autor não especificou a quantidade de indivíduos consumidos de um certo *táxon* (ou seja, poderiam estar presentes mas não foram contabilizados).

### 2.2.1. Subespécies

Um reduzido número de referências indicava a subespécie a que correspondiam os resultados, pelo que as subespécies consideradas foram determinadas com base nas distribuições sugeridas por Cochet (2006) e König & Weick (2009). Na figura 4 consta a representação da distribuição de cada uma das subespécies de bufo-real ao longo do Paleártico.



**Figura 4:** Mapa representativo da distribuição de cada subespécie de bufo-real. Adaptado de Cochet (2006) & König e Weick (2009).

De acordo com König & Weick (2009), *B. b. bubo* está presente na Europa, desde os Pirenéus e Este do Mediterrâneo, até ao estreito de Bósforo e norte da Ucrânia, compreendendo a Escandinávia, Moscovo e Noroeste da Rússia. *B. b. hispanus* está presente na Península Ibérica e em áreas de bosque na Algéria e em Marrocos. *B. b. ruthenus* pode ser encontrado desde Moscovo até Pechora, até ao Rio Ural e sul da nascente do Rio Volga. *B. b. interpositus* pode ser encontrado na Bessarábia, na Crimeia, no Cáucaso, na Ásia Menor, na Palestina, na Síria e ainda no Irão. *B. b. sibiricus* está presente desde do oeste da Sibéria e no Bascortostão, até ao centro do Rio Ob, e do oeste e norteadas Montanhas Altaicas até aos limites da taiga. *B. b. ussuriensis* está presente desde o sudeste

da Sibéria até ao norte da China, ilha Sacalina e ilhas Curilas. *B. b. turcomanus* pode ser encontrado entre a parte superior do rio Ural e o rio Volga, entre a costa da Cáspia e o mar Aral, do este até à Transbaikalia e bacia do Tarim até ao oeste da Mongólia. *B. b. kiautschensis* está presente na Coreia e na China, de Sichuan a Yunnan. Por último, *B. b. hemachalana* está presente desde Tien Shan às Montanhas Pamir, do norte até Kara Tau e do sul até Baluchistan e também nos Himalaias.

### **2.3. Variáveis resposta**

Para testar a hipótese da influência das diversas variáveis sobre o tipo e a quantidade de presas consumidas pelo bufo-real, começou-se por definir as variáveis resposta que se pretendiam avaliar, nomeadamente as percentagens gerais de mamíferos, incluindo as ordens dos insetívoros, dos roedores, dos carnívoros e dos lagomorfos; das aves e das ordens dos galiformes, das aves de rapina diurnas, das aves de rapina noturnas e dos corvídeos. As percentagens de outras presas (nomeadamente répteis, anfíbios, peixes e invertebrados) não apresentavam normalidade nem linearidade, havendo também uma elevada ausência de dados em diversos trabalhos. Assim sendo, visto que os dados existentes poderiam afetar os resultados das análises estatísticas, as variáveis relativas à percentagem desses quatro grupos foram ignoradas e tidas em conta apenas nos resultados gerais. Também os índices de diversidade trófica (o índice de Shannon e o índice de Simpson), o peso médio das presas (PMW) e o número total de presas capturadas (N) foram estabelecidos como variáveis resposta.

A superpredação, ou seja, a predação sobre outros predadores (Lourenço *et al.*, 2011), trata-se de outro descritor da dieta analisado neste trabalho. A percentagem de superpredação foi calculada através da soma da percentagem total de aves de rapina (noturnas e diurnas) com a percentagem de mamíferos carnívoros e foi, igualmente, analisada como as restantes variáveis resposta. A superpredação foi considerada, uma vez que poderá estar associada à diversificação da dieta quando há uma redução da presa principal (Lourenço *et al.*, 2011). Para além disso, constitui uma forma de utilizar os dados referentes à presença de carnívoros e de aves de rapina na dieta do bufo-real, visto que, por si só, não têm um grande valor de análise devido à sua baixa frequência enquanto presas.

## 2.4. Variáveis explicativas

Para a análise em macro-escala da dieta do bufo-real, selecionou-se um conjunto de variáveis biogeográficas e bioclimáticas – as variáveis explicativas – que constituem uma base de comparação com os restantes parâmetros acerca da variação da dieta do predador ao longo da área de estudo. Foram utilizadas as seguintes variáveis: latitude, longitude, precipitação, temperatura, isothermalidade, elevação, biodiversidade de mamíferos, biodiversidade de aves, biodiversidade total e tipo de bioma. Entenda-se ainda por variáveis explicativas aquelas que fornecem alguma fundamentação biológica para um dado padrão observado numa variável de resposta, podendo ser de natureza contínua ou categórica (Quinn & Keough, 2002).

Os dados relativos à biodiversidade de mamíferos e aves (i.e., o número total de espécies que ocorrem na área onde se realizou cada estudo de dieta de bufo-real) foram obtidos a partir do *website BiodiversityMapping* (<http://www.biodiversitymapping.org/>). Aí são disponibilizados ficheiros *raster* dos mapas globais de biodiversidade que incluem a riqueza de espécies total de diversos grupos taxonómicos. Os mapas foram gerados com uma resolução espacial de 10x10km, com a projeção Eckert IV, e representam apenas espécies nativas. Derivam dos mapas de distribuição digital da IUCN *International Union for Nature Conservation* (última atualização a Julho de 2013).

As variáveis bioclimáticas utilizadas (temperatura, isothermalidade e precipitação) e os dados da elevação foram obtidos a partir do *WorldClim* (<http://www.worldclim.org/>), que disponibiliza gratuitamente dados climáticos para SIG e modelação ecológica. O mesmo *website* disponibiliza os ficheiros *raster* das variáveis, que apresentam uma resolução de 30 segundos, sem projeção. Os dados referem-se a toda a área terrestre do globo, à exceção da Antártida, e encontram-se definidos pelo sistema de coordenadas WGS84.

### 2.4.1. Latitude e longitude

Para cada trabalho consultado foram registados os países e as respetivas áreas de estudo. Com recurso ao *Google Earth*, determinaram-se os pares de coordenadas (latitude e longitude, em graus decimais), por vezes aproximadas, do local onde um dado estudo fora realizado. Foi utilizado o *datum* WGS 84 como sistema de coordenadas de referência.

Posteriormente, o valor de cada variável geográfica e climática a analisar foi extraído para cada um dos pares de coordenadas considerados.

Para normalizar a distribuição da variável longitude foi necessário aplicar uma transformação logarítmica, visto que algumas das áreas de estudo se localizam em regiões de longitude negativa (nomeadamente a Península Ibérica). Tendo em conta que não é possível efetuar cálculos logarítmicos com valores negativos, foi necessário acrescentar nove valores a cada valor absoluto das coordenadas, passando assim a ter apenas coordenadas de longitude positivas.

### 2.4.2. Precipitação

Os dados da precipitação, que correspondem à precipitação média anual (em mm), derivam de um conjunto de variáveis bioclimáticas obtidas através do *WorldClim*. Os dados foram extraídos do *raster* representado na figura 5.

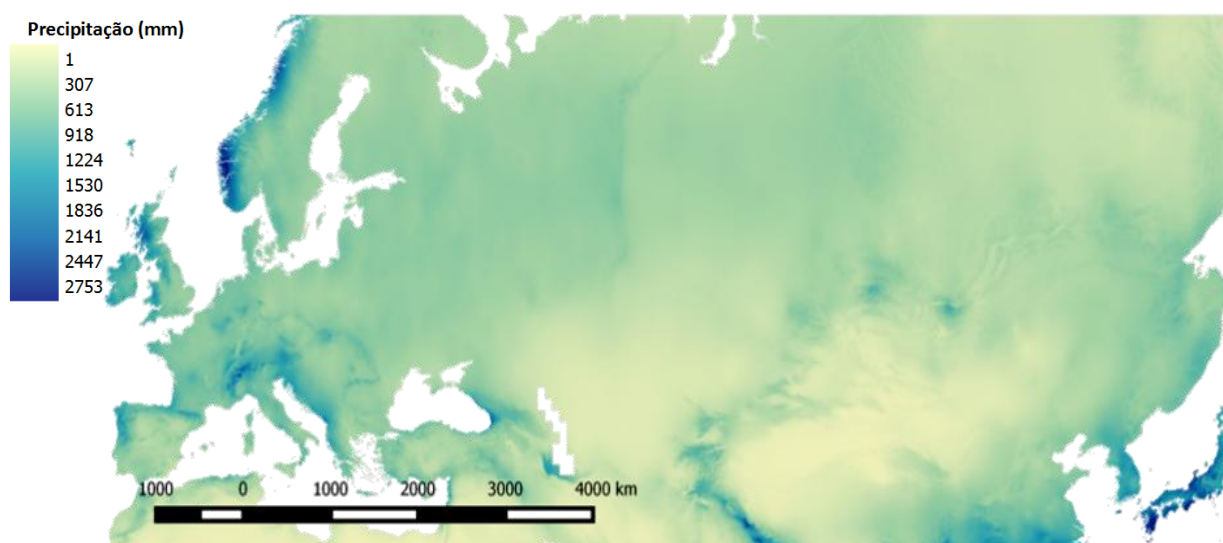
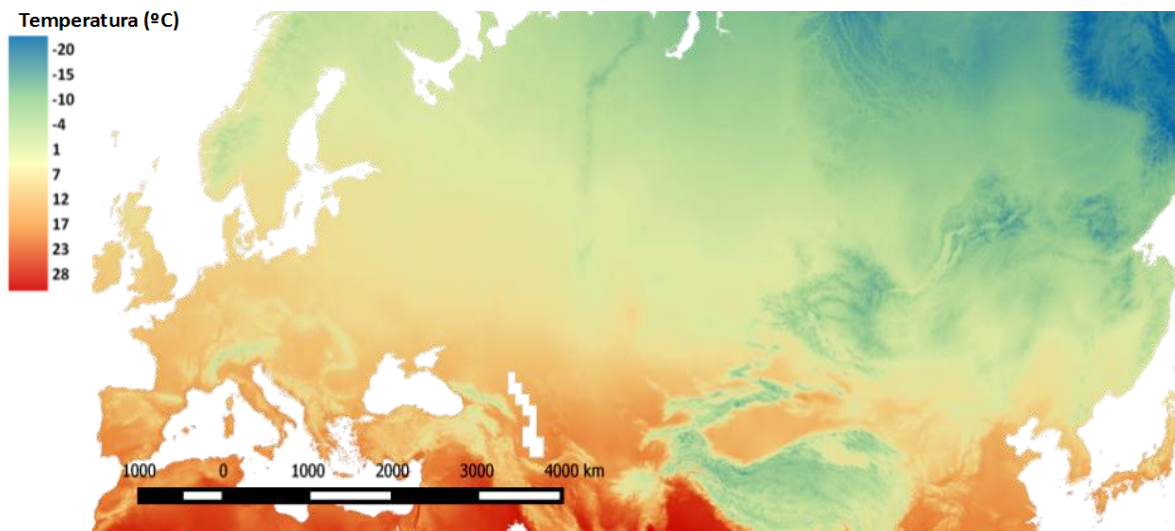


Figura 5: Mapa representativo da variação do volume da precipitação ao longo da área de estudo.

### 2.4.3. Temperatura

Os dados da temperatura, que correspondem à temperatura média anual, resultaram do mesmo conjunto de variáveis bioclimáticas do *WorldClim*. O *raster* a partir do qual foram extraídos os valores está representado na figura 6. Os valores da temperatura são disponibilizados em  $^{\circ}\text{C} * 10$  (por exemplo, 200 representa  $20^{\circ}\text{C}$ ), pelo que os mesmos foram convertidos em  $^{\circ}\text{C}$  para facilitar a sua utilização nas análises realizadas.



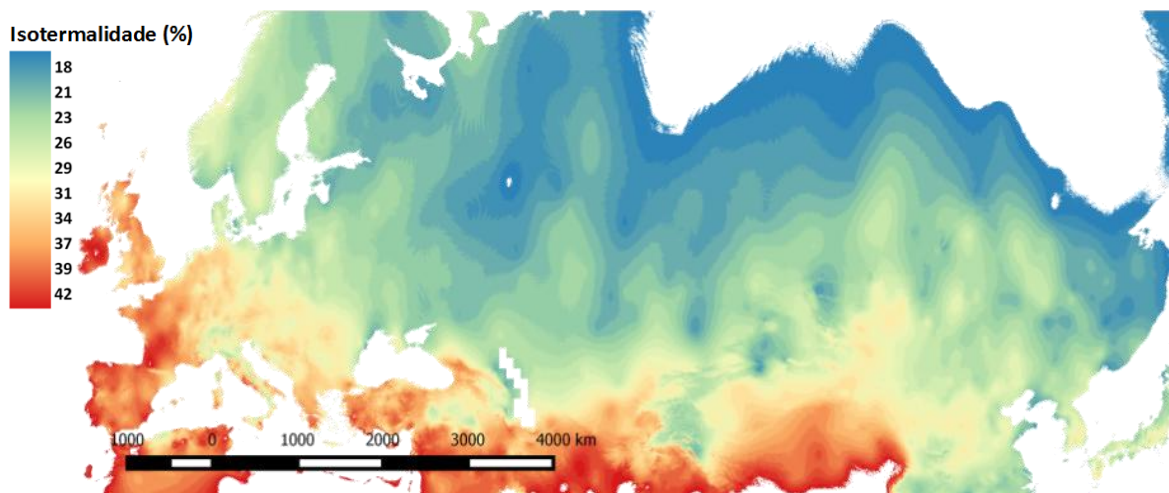
**Figura 6:** Mapa representativo da variação da temperatura ao longo da área de estudo.

#### 2.4.4. Isothermalidade

A isothermalidade é uma medida que quantifica o quão elevadas são as oscilações diárias da temperatura em relação às oscilações anuais da temperatura. É dada em percentagem (%) pela seguinte fórmula (O'Donnell & Ignizio, 2012):

$$\text{Isothermalidade} = \frac{\text{Variação Média Diária da Temperatura}}{\text{Variação Anual da Temperatura}} \times 100$$

A variação média da temperatura é calculada através da média mensal da diferença entre a temperatura máxima diária e a temperatura mínima diária, enquanto que a variação anual da temperatura resulta da diferença entre a temperatura máxima do mês mais quente e a temperatura mínima do mês mais frio. Na figura 7 é apresentado o raster representativo da região do Paleártico, a partir do qual foram extraídos os valores da isothermalidade.

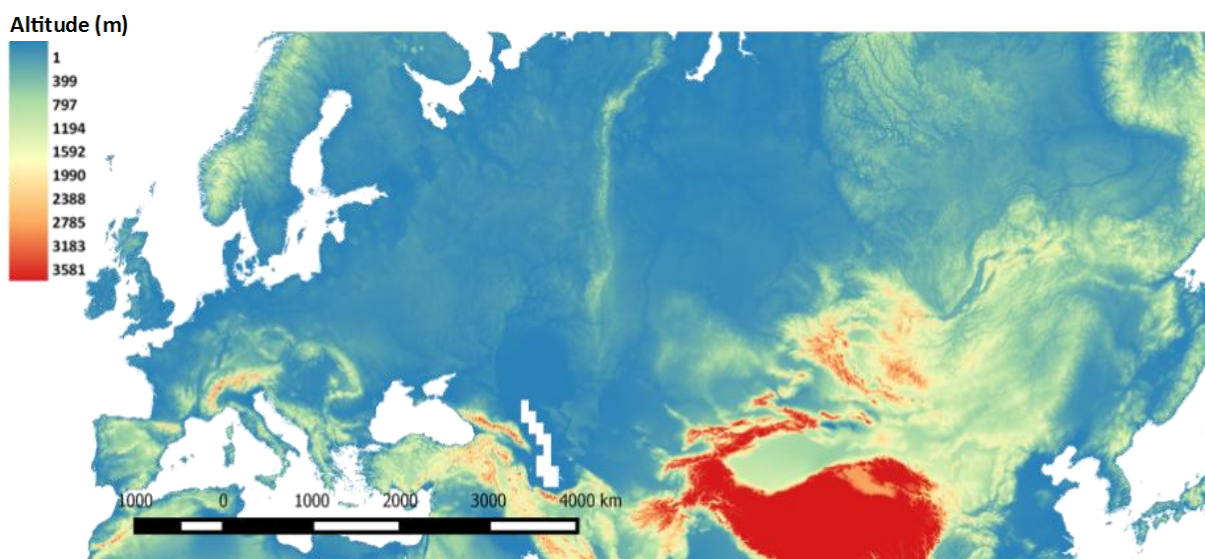


**Figura 7:** Mapa representativo da variação da isothermalidade ao longo da área de estudo.



#### 2.4.5. Elevação

Uma vez que a maioria dos artigos consultados não apresenta a altitude a que foram recolhidos os dados, utilizou-se o *raster* disponibilizado pelo *WorldClim* para obter os valores correspondentes a cada par de coordenadas (a que se designou por *point value*). Contudo, dificilmente se conseguiam obter os valores precisos da altitude, pelo que foram definidas cinco classes (0 a 500; 500 a 1000; 1000 a 1500; 1500 a 2000; e 2000 a 2500) para constituírem uma variável categórica. Uma vez que as três últimas classes incluíam poucos dados e não apresentavam uma distribuição equilibrada, foram agregadas numa única classe. Deste modo, a variável elevação passou a ser constituída pelas seguintes categorias: (i) 0 a 500; (ii) 500 a 1000; e (iii) 1000 a 2500. O valor de 2500 foi definido como limite superior pois nenhum par de coordenadas estava compreendido entre uma gama de valores superior a esse limite. Para definir as classes, e dado o grau de incerteza quanto à localização exata de cada área de estudo, fez-se uma média dos valores de altitude que surgiam num raio de, aproximadamente, 50 km em relação ao *point value*. Na figura 8 é apresentado o *raster* dos dados da altitude.



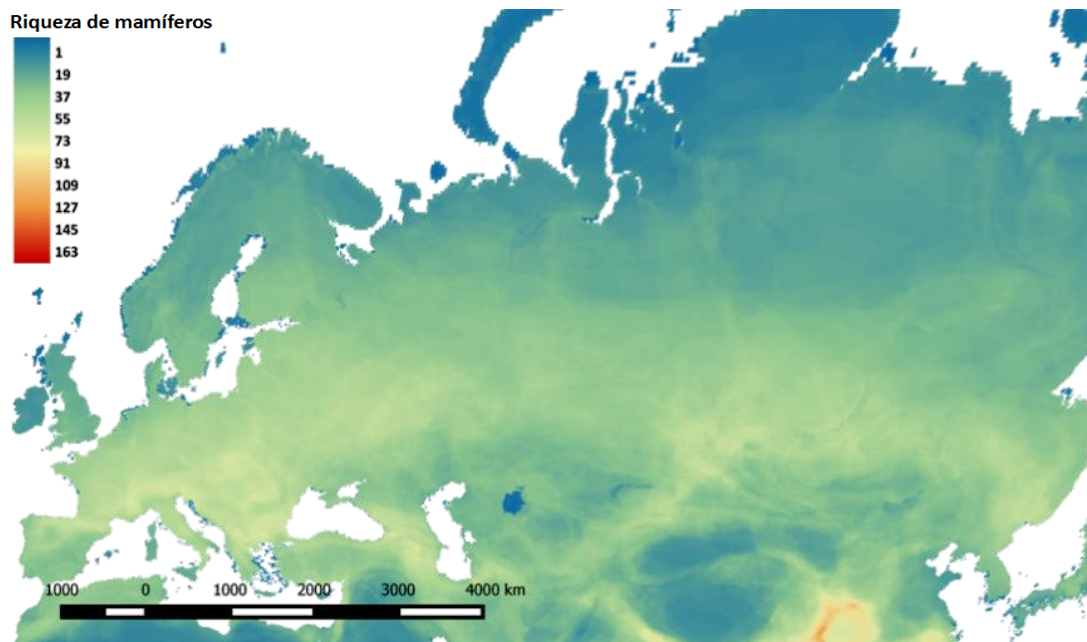
**Figura 8:** Mapa representativo da variação da altitude ao longo da área de estudo.

#### 2.4.6. Biodiversidade de mamíferos

O mapa da biodiversidade de mamíferos inclui, ao nível do globo, a riqueza total de espécies, as principais ordens taxonómicas (*Cetartiodactyla*, *Carnivora*, *Primatas*, *Eulipotyphla*, *Chiroptera*, *Rodentia*), marsupiais, espécies ameaçadas e outras espécies com



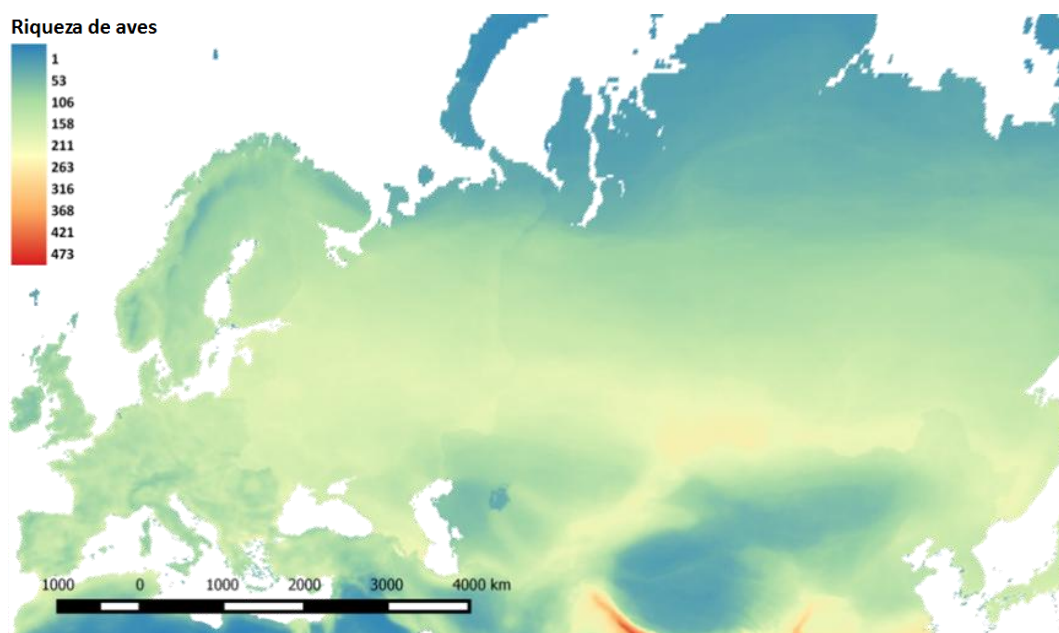
uma reduzida distribuição (Biodiversitymapping, 2015). Na figura 9 é apresentado o raster do mapa de biodiversidade de mamíferos na região Paleártica.



**Figura 9:** Mapa representativo da variação da biodiversidade de mamíferos ao longo da área de estudo.

#### 2.4.7. Biodiversidade de aves

O mapa de biodiversidade de aves inclui a riqueza total de espécies, os principais grupos taxonómicos (não-passeriformes, passeriformes, *Tyranni*, *Passeri*), psitacíformes, colíbris, espécies ameaçadas e espécies de reduzida distribuição (Biodiversitymapping, 2015). A biodiversidade de aves ao longo da região Paleártica está representada no raster figura 10.



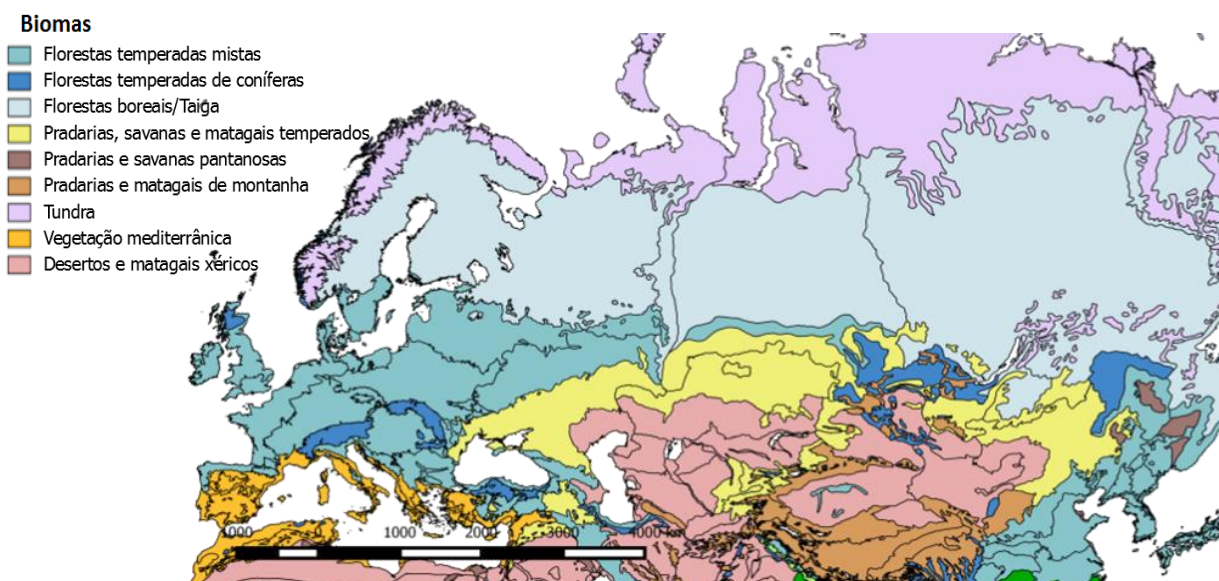
**Figura 10:** Mapa representativo da variação da biodiversidade de aves ao longo da área de estudo.

#### 2.4.8. Biodiversidade total

Os valores da biodiversidade total resultaram da soma entre a biodiversidade de mamíferos e a biodiversidade de aves.

#### 2.4.9. Biomas e ecorregiões (variáveis categóricas)

A partir de uma *shapefile* obtida através do *website* da WWF (<http://www.worldwildlife.org>), foram identificados o bioma e a ecorregião a que pertence cada par de coordenadas considerado. Os dados incluem um total de 867 ecorregiões terrestres, classificadas num total de 14 biomas diferentes, tais como florestas, pradarias ou desertos. As ecorregiões representam a distribuição de diversas espécies e comunidades, assim como a dinâmica e as condições ambientais de determinadas regiões (WWF, 2015). Na Figura 11 é apresentado o mapa da WWF com as delimitações de cada bioma. Uma vez que as ecorregiões identificadas nesse *shapefile* apresentavam incoerências na descrição e eram demasiado diversificadas, não foram consideradas para as análises estatísticas.



**Figura 11:** Mapa representativo dos biomas existentes na área de estudo considerada. O mapa e a legenda aqui apresentados são adaptados do sítio da WWF (disponível em <http://wwf.panda.org>).

Os dados dos trabalhos utilizados na base de dados encontram-se inseridos num total de oito biomas diferentes: florestas temperadas mistas (84 trabalhos, t.); florestas temperadas de coníferas (33 t.); florestas boreais ou taiga (27 t.); pradarias, savanas e matagais temperados (11 t.); pradarias e savanas pantanosas (1 t.); pradarias e matagais em regiões montanhosas (1 t.), tundra (4 t.); e regiões de vegetação mediterrânica (37 t.). Os

biomas correspondem, respetivamente, às seguintes designações da WWF, em Inglês: "Temperate Broadleaf & Mixed Forests", "Temperate Coniferous Forests", "Boreal Forests/Taiga", "Temperate Grasslands, Savannas & Shrublands", "Flooded Grasslands & Savannas", "Montane Grasslands & Shrublands", "Tundra" e "Mediterranean Forests, Woodlands & Scrub".

No total foram contabilizadas 29 ecorregiões distintas, nas quais se inserem os vários trabalhos sobre a dieta do bufo-real. Porém, devido à grande diversidade de ecorregiões que não apresentam um padrão ou distribuição perçetíveis (por análise gráfica), não foram tidas em conta na análise estatística. Mais ainda, os biomas correspondentes às pradarias e savanas pantanosas, às pradarias e matagais de regiões montanhosas e à tundra não foram considerados na análise estatística, visto que o número de trabalhos neles incluídos não era representativo. Assim sendo, os biomas foram analisados enquanto variável categórica, tendo sido utilizadas as seguintes tipologias: (4) florestas temperadas mistas; (5) florestas temperadas de coníferas; (6) florestas boreais; (8) pradarias, savanas e matagais temperados; e (12) florestas mediterrânicas.

## **2.5. Análise estatística**

A análise estatística foi realizada através do *software* R 3.2.2. Todos os testes foram realizados com um nível de significância de  $P < 0,05$ .

### **2.5.1. Ajuste dos modelos e transformações**

Os modelos estatísticos utilizados neste estudo baseiam-se nos pressupostos da distribuição normal e da linearidade dos dados (Quinn & Keough, 2002). Quando estes se encontram ajustados é possível determinar os intervalos de confiança dos respetivos parâmetros dos modelos e aplicar os testes de hipóteses. Para isso foram verificados os gráficos de validação: (1) gráfico de "residuals vs fitted values"; (2) gráfico "normal quantil-quantil"; (3) gráfico "scale-location"; (4) gráfico "residuals vs leverage". Uma das medidas mais utilizadas para verificar a normalidade trata-se da análise dos gráficos de resíduos (os histogramas também são úteis nesse aspeto). Esses gráficos, para além dos *boxplots*, também permitem detetar *outliers*, isto é, valores de uma dada variável que se encontram fora da distribuição usual da mesma e que afetam a relação entre as variáveis e os

resultados dos testes de significância (Quinn & Keough, 2002; Tabachnick, 2007). Sabendo isto, verificou-se a existência de normalidade através da análise dos histogramas, dos boxplots e dos gráficos de resíduos. No caso das variáveis explicativas, todas apresentavam uma distribuição normal clara, exceto a longitude, tal como será explicado mais à frente.

Quando são detetados *outliers* poderá revelar-se necessária a sua eliminação, sem que isto afete os dados e os resultados. No entanto, também pode dever-se a valores anómalos resultantes de uma distribuição muito enviesada dos dados. Nesses casos, é comum a utilização de transformações das variáveis, isto é, os dados são convertidos para uma escala diferente, tornando a sua distribuição mais simétrica (ou seja, mais próxima da normalidade) e os *outliers* são ajustados e alinhados com os restantes valores (Quinn & Keough, 2002).

Quando os dados são apresentados sob a forma de percentagens ou proporções (estando limitados entre 0 e 100% ou 0 e 1, respetivamente), é recomendado aplicar uma transformação arco-seno (Quinn & Keough, 2002). Sabendo isto, todas as variáveis resposta relativas à percentagem de presas consumidas foram submetidas a uma transformação deste tipo.

Também foi necessário transformar algumas das variáveis explicativas. A longitude apresentava vários *outliers* devido à existência de um número superior de estudos na Europa em relação ao continente asiático, tornando a distribuição dos dados pouco normal. Tentaram-se, assim, diferentes transformações desses dados, sendo que a transformação logarítmica (utilizando o logaritmo natural) mostrou os melhores resultados para normalizar a distribuição dos valores da longitude e estabilizar a sua variância. Outro caso trata-se da precipitação que, por análise do histograma e dos gráficos de resíduos, não parece apresentar uma distribuição muito normal. Contudo, a transformação logarítmica não melhorou a sua distribuição, pelo que se optou por utilizar a variável com os valores originais. Pela sua natureza não numérica, as variáveis categóricas, ou seja, a elevação, os biomas e os intervalos de tempo, não carecem de pressupostos de normalidade de distribuição nem possuem *outliers*, uma vez que os dados estão agrupados em categorias. Nestes casos, assegurou-se uma distribuição relativamente equilibrada das observações e a homogeneidade de variâncias nas diferentes categorias.

### 2.5.2. Correlação e colinearidade

Antes de executar qualquer teste estatístico é importante avaliar a existência de colinearidade entre as variáveis, ou seja, a existência de uma correlação entre elas que possa afetar os parâmetros estimados da regressão e, assim, produzir resultados pouco fiáveis. É importante notar que, dificilmente, dados reais biológicos não se correlacionam entre si, uma vez que é usual diferentes variáveis influenciarem-se mutuamente e a um dado processo quando atuam em conjunto (Quinn & Keough, 2002). Tendo isto em atenção, foi analisada uma matriz de correlação entre as variáveis contínuas, com recurso ao teste de correlação do coeficiente de Pearson. Considerou-se a existência de uma elevada correlação para um valor do coeficiente igual ou superior a 0,70. Assim, verificou-se uma correlação significativa entre a temperatura e a isothermalidade ( $r = 0,76$ ) e também entre a biodiversidade de aves e a biodiversidade total ( $r = 0,87$ ), pelo que não foram consideradas no mesmo modelo aquando da análise com multivariáveis.

### 2.5.3. Análise univariada das variáveis explicativas

Para averiguar a relação linear entre as variáveis explicativas e as de resposta, e selecionar as mais relevantes a considerar nos testes estatísticos, testou-se o nível de significância entre elas, recorrendo a modelos de regressão linear simples. Construiu-se uma tabela, na qual foram registadas as variáveis sem significância (*not significant*, NS), as variáveis com significância estatística ("\*", para P entre 0,01 e 0,05; "\*\*\*" para P entre 0,001 e 0,01; e "\*\*\*\*" para P inferior a 0,001, de acordo com as definições do *software R*) e as respetivas tendências (positiva, "+"; negativa, "-"). Este método foi aplicado a todas as variáveis, exceto no caso dos biomas e da elevação, tratados como variáveis categóricas. Foram ainda geradas figuras representativas da relação linear entre as variáveis com intervalos de confiança a 95%.

Para verificar a existência de significância entre os biomas e as variáveis resposta foi utilizado um teste de análise de variância (ANOVA), fundamental para a análise de modelos lineares que envolvem variáveis categóricas. Este teste constitui uma medida da diferença entre as observações de cada classe da variável categórica e uma medida da explicação da variável resposta através dessa diferença. Além disso, pressupõe também a normalidade da variável resposta (Quinn & Keough, 2002). Uma vez que uma ANOVA apenas permite confirmar a existência de uma diferença significativa entre as categorias da variável

explicativa, foi utilizado também o teste de Tukey (*Tukey Honest Significant Differences*, TukeyHSD), que nos indica a significância estatística entre cada fator categórico da variável em estudo e nos mostra os fatores entre os quais existe essa diferença (Quinn & Keough, 2002).

#### **2.5.4. Inferência com multimodelos**

Por fim, pretendia-se avaliar a importância relativa das variáveis explicativas sobre cada uma das variáveis resposta. Para tal, foi utilizado um método de inferência do melhor modelo com base na comparação de vários modelos, com diferente número de variáveis, designado por *multimodel inference* (Burnham & Anderson, 2002). Este tipo de análise permite gerar um subconjunto de modelos que incluem as variáveis mais importantes para explicar a variação do processo biológico em estudo (Quinn & Keough, 2002). Em primeiro lugar são calculados, para cada um desses modelos, três parâmetros essenciais: o AIC<sub>c</sub> (*Akaike's information criterion* ajustado para amostras pequenas); o peso de Akaike ( $w_i$ ); e o valor de delta AIC<sub>c</sub> (ou seja, a diferença entre o valor de AIC<sub>c</sub> mais baixo e do modelo em questão). O AIC<sub>c</sub> é uma medida que permite determinar, por comparação, qual dos modelos gerados mais se aproxima do verdadeiro processo em estudo (Burnham *et al.*, 2011; Symonds & Moussalli, 2011). Quanto menor o valor AIC<sub>c</sub>, melhor é o respetivo modelo (Quinn & Keough, 2002). Por outro lado, o valor de delta é necessário para ordenar os modelos em termos de qualidade, sabendo que o peso de Akaike dita a probabilidade de um dado modelo ser o melhor modelo de aproximação (Symonds & Moussalli, 2011).

É ainda pertinente referir a importância de escolher a hipótese que implica uma menor perda de informação ou que representa a maior aproximação possível à realidade (Burnham *et al.*, 2011). Mais ainda, neste tipo de análise, é importante verificar se, aquele que parece ser o melhor modelo, contém as mesmas variáveis explicativas que previamente foram identificadas como sendo significativas (Symonds & Moussalli, 2011). Assim sendo, foram selecionadas as variáveis (explicativas e resposta) que apresentavam uma maior significância estatística aquando da análise da regressão linear entre todas as variáveis.

Para lidar com a incerteza na selecção de modelos (*model selection uncertainty*, Burnham *et al.*, 2011), foram calculados 64 modelos possíveis (desde modelos simples a modelos mais complexos) para explicar as variáveis resposta, através da combinação das variáveis explicativas. O modelo nulo foi incluído como medida de validação da qualidade

das variáveis explicativas (*i.e.*, se o modelo nulo estiver entre os melhores modelos, então a qualidade explicativa das variáveis independentes é reduzida). Para selecionar o melhor modelo (ou conjunto de melhores modelos) que traduz quais as variáveis explicativas que têm uma influência sobre a percentagem de mamíferos, foram calculados os valores de AICc e os pesos de Akaike, tomando como referência um  $\Delta AICc < 2,0$  para definir a lista de modelos explicativos mais prováveis (Burnham & Anderson, 2002).

Foram também calculados um modelo médio a partir de todos os modelos e, posteriormente, a importância relativa de cada variável explicativa (*i.e.*, a soma do peso de Akaike de cada modelo onde a variável em causa está incluída, Burnham *et al.*, 2011).

#### **2.5.5. Validação dos modelos**

A validação permite-nos inferir sobre a adequação de um dado conjunto de dados aos modelos utilizados. Para tal, há que comparar os valores obtidos de  $P$  com o valor de  $\alpha$  estabelecido previamente (Quinn & Keough, 2002), mas é, sobretudo, necessário recorrer (i) aos gráficos que relacionam os resíduos e os valores ajustados; (ii) aos gráficos Q-Q; (iii) aos gráficos que relacionam a raiz quadrada dos resíduos com os valores ajustados; e ainda (iv) aos gráficos que relacionam os resíduos com a distância de Cook para averiguar o ajuste e a normalidade dos dados. Assim sendo, os resultados dos modelos que apresentavam um  $P < 0,05$  (ou seja, que eram significativos) foram contabilizados e analisados posteriormente.

#### **2.5.6. Análise temporal**

Para averiguar a existência de um padrão temporal de variação da dieta do bufo-real ao longo do Paleártico, foi definida uma última variável, que inclui os períodos durante os quais foram recolhidos os dados da dieta em cada um dos trabalhos considerados. Assim, estabeleceram-se 4 categorias para agrupar os centróides dos intervalos de tempo considerados em cada estudo: (i) a primeira categoria inclui os estudos realizados até 1960; (ii) a segunda categoria compreende os estudos realizados entre 1960 e 1980; (iii) para a terceira categoria, entre 1980 e 2000; e, por fim, (iv) a última categoria engloba os estudos realizados entre 2000 e 2014 (o centróide do estudo mais recente). Dada a natureza categórica dos dados, tal como se procedeu para a análise dos biomas e da altitude, o efeito dos dados temporais foi analisado através de uma ANOVA com o teste de Tukey, de modo a

poderem ser comparados com cada variável-resposta considerada. Foi também realizada uma análise univariada, através de regressão linear, para determinar o nível de significância entre as variáveis resposta e a variável tempo (ano central de amostragem).

## **2.6. Análise geoestatística**

### **2.6.1. Mapas dos descritores da dieta do bufo-real**

Com recurso a um sistema de informação geográfica (SIG), neste caso QGis, produziram-se mapas dos padrões geográficos dos descritores da dieta, com base nos valores de percentagens, dos índices de diversidade trófica e do peso médio das presas. Utilizou-se o mapa "Bing Roads" como base para a construção das imagens e, para a legenda, usaram-se círculos coloridos conjugados com diferentes dimensões para facilitar a visualização do padrão. Estes mapas permitem ter uma visualização do padrão geral da variação de consumo pelo bufo-real dos diferentes grupos de presas, ao longo de toda a área de estudo.

### **2.6.2. Mapas dos descritores da dieta com base em interpolação espacial**

Os mapas dos padrões de variação da dieta do bufo-real foram recriados com recurso à ferramenta de interpolação espacial ("kriging") do QGis. Este método faz uma média ponderada dos valores da vizinhança de cada um dos pontos da área de estudo que, neste caso, correspondem a pares de coordenadas (Hengl, 2009). Isto facilita a visualização dos padrões de variação dos descritores, uma vez que permite obter uma ponderação dos valores das regiões para as quais não existem dados sobre a dieta do bufo-real.

Foi utilizada uma *shapefile* que inclui os limites dos continentes (disponível em <http://www.arcgis.com>), a partir da qual foram extraídos os limites da Eurásia. Esta *shapefile* resultante foi, posteriormente, utilizada para delimitar os resultados da interpolação espacial na área de estudo. Os *raster* resultantes da interpolação espacial foram definidos com células de 0,2 x 0,2 graus decimais, de modo a tornar o gradiente da variação mais contínuo e perceptível.



### 3. Resultados

#### 3.1. Resultados gerais

##### 3.1.1. Presas consumidas

Ao longo da região paleártica, os grupos principais de presas que compõem a dieta do bufo-real são os roedores, os lagomorfos, os insetívoros, os carnívoros, os galiformes, as aves de rapina (noturnas e diurnas), os corvídeos, os répteis, os anfíbios, os peixes e os invertebrados. Dentro dos mamíferos, em média, foi consumida uma maior percentagem de roedores e de lagomorfos; dentro das aves, em média, foi consumida uma maior percentagem de corvídeos e de galiformes. Pontualmente, tanto os mamíferos (nomeadamente, os roedores) como as aves, por si só, constituíram a maior parte da dieta. Os mamíferos estiveram sempre presentes na dieta do bufo-real, ainda que, por vezes, numa reduzida percentagem, mas o mesmo não aconteceu com os restantes grupos (tabela 1).

**Tabela 1:** Descrição geral da percentagem de presas pertencentes aos principais grupos consumidos pelo bufo-real na região Paleártica. São apresentados a percentagem mínima (Min) e máxima (Max), a média e o desvio padrão (SD) correspondentes a cada grupo e o número total de trabalhos (N) onde cada grupo foi identificado.

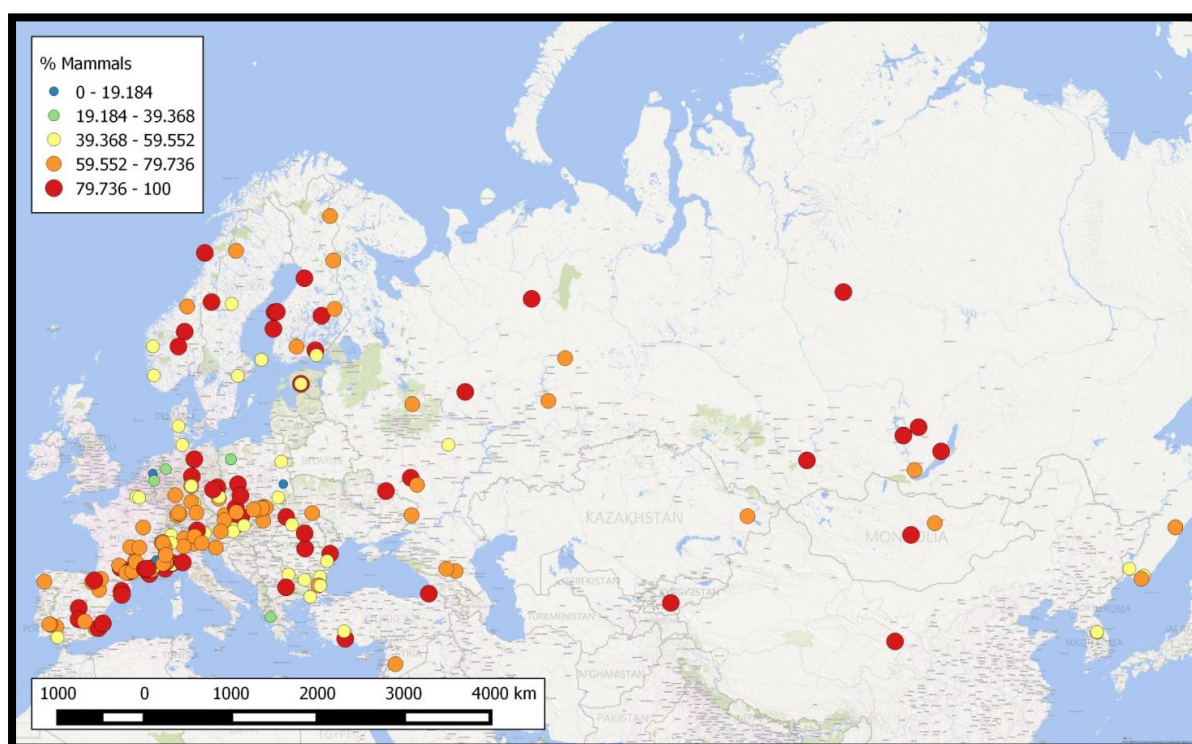
	Min	Max	Média	SD	N
<b>Mamíferos</b>	1,63	99,92	68,92	18,06	192
<b>Roedores</b>	0	97,65	49,67	24,93	182
<b>Insetívoros</b>	0	34,43	6,67	7,16	180
<b>Carnívoros</b>	0	21,5	0,75	1,798	178
<b>Lagomorfos</b>	0	75	10,44	16,26	183
<b>Aves</b>	0	98,37	24,96	18,06	192
<b>Galiformes</b>	0	21,6	3,89	4,36	173
<b>Rapinas diurnas</b>	0	11,23	1,35	1,74	171
<b>Rapinas noturnas</b>	0	16,13	1,98	2,615	172
<b>Corvídeos</b>	0	28,07	4,067	4,9	171
<b>Répteis</b>	0	28,07	0,29	0,993	181
<b>Anfíbios</b>	0	48,31	3,56	8,376	183
<b>Peixes</b>	0	11,5	0,596	1,577	183
<b>Invertebrados</b>	0	53,03	1,522	4,769	185

De acordo com a tabela acima, os invertebrados, as aves de rapina diurnas, os carnívoros, os peixes e os répteis foram, por esta ordem decrescente, os grupos menos consumidos. Os roedores e os lagomorfos detêm o maior valor de desvio padrão.

Através da construção da base de dados da dieta do bufo-real determinou-se que, no conjunto global de todos os trabalhos sobre a mesma, foram determinadas 346813 presas pertencentes a 698 espécies diferentes, de entre outros *taxa* não contabilizados. Mais ainda, as dez espécies mais consumidas foram *Microtus arvalis*, *Oryctolagus cuniculus*, *Rattus norvegicus*, *Arvicola amphibius*, *Erinaceus europaeus*, *Microtus gregalis*, *Rana temporaria*, *Myodes glareolus*, *Lagurus laguros* e, por último, *Microtus duodecimcostatus*. No anexo I pode ser consultada a lista completa das espécies e outros *taxa* encontrados.

### 3.1.2. Mapas dos descritores da dieta do bufo-real

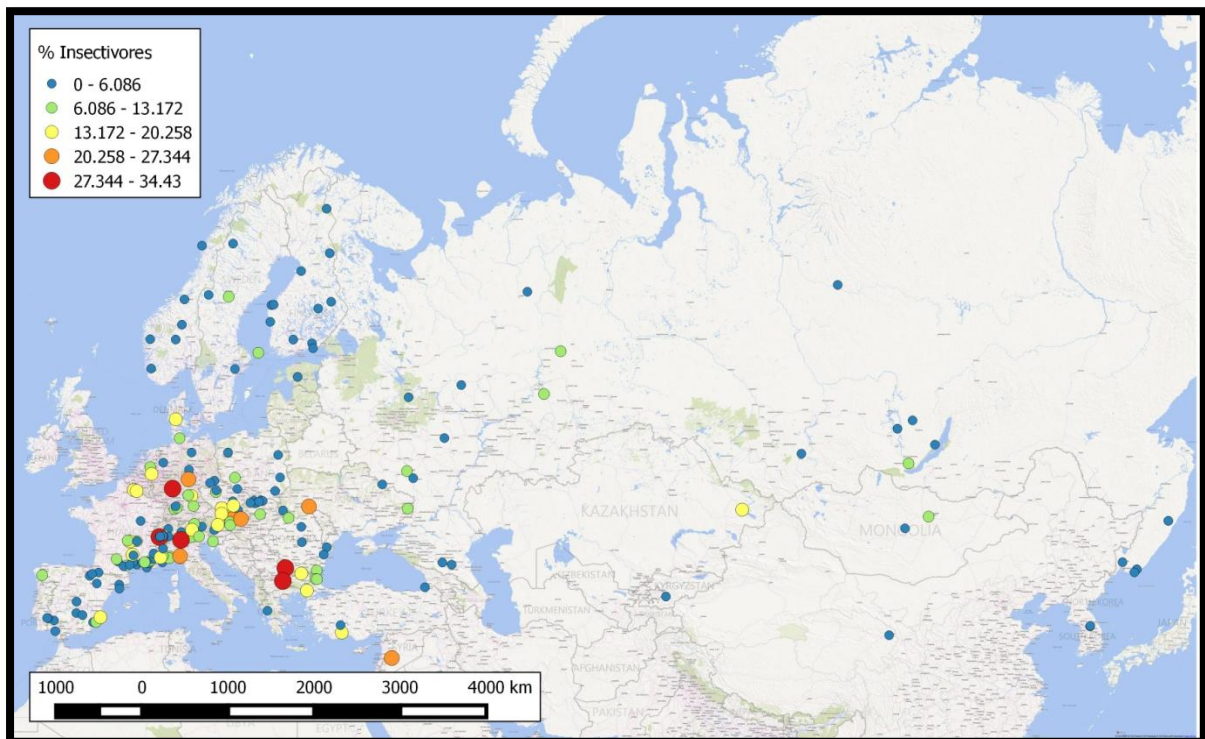
Abaixo são apresentados os mapas representativos dos descritores da dieta do bufo-real. A figura 12 mostra o padrão da variação da percentagem de mamíferos ao longo da área de estudo. Por observação do mapa, verificou-se que os mamíferos estavam constantemente presentes na dieta do bufo-real e, na maioria dos casos, são abundantes ao longo de toda a distribuição da espécie, constituindo mais de metade da sua dieta.



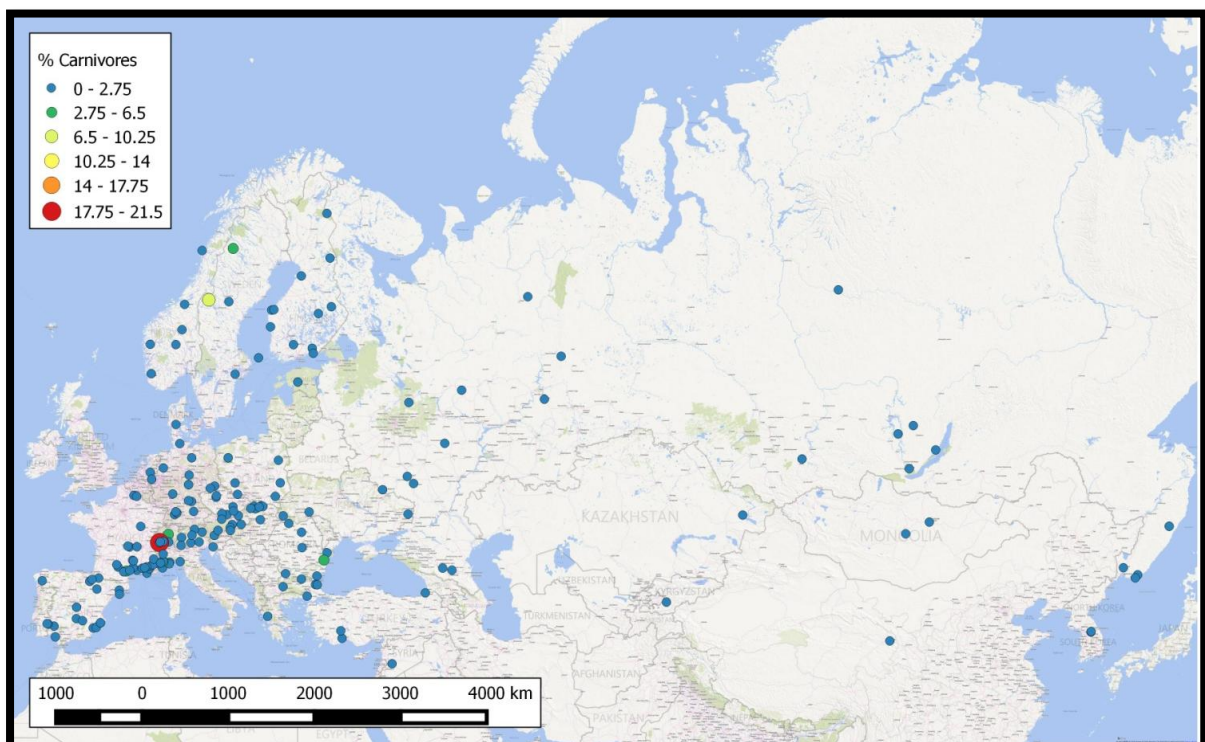
**Figura 12:** Mapa representativo do padrão de variação da percentagem de consumo de mamíferos ao longo da área de estudo.

Os insetívoros foram consumidos principalmente na Europa central, mas estiveram presentes numa muito reduzida percentagem na dieta do bufo-real, na restante área de estudo (figura 13). Já os carnívoros foram consumidos em quantidade muito inferior por

toda a área de estudo, ainda que exista um caso excecional junto aos Alpes no centro europeu (figura 14).



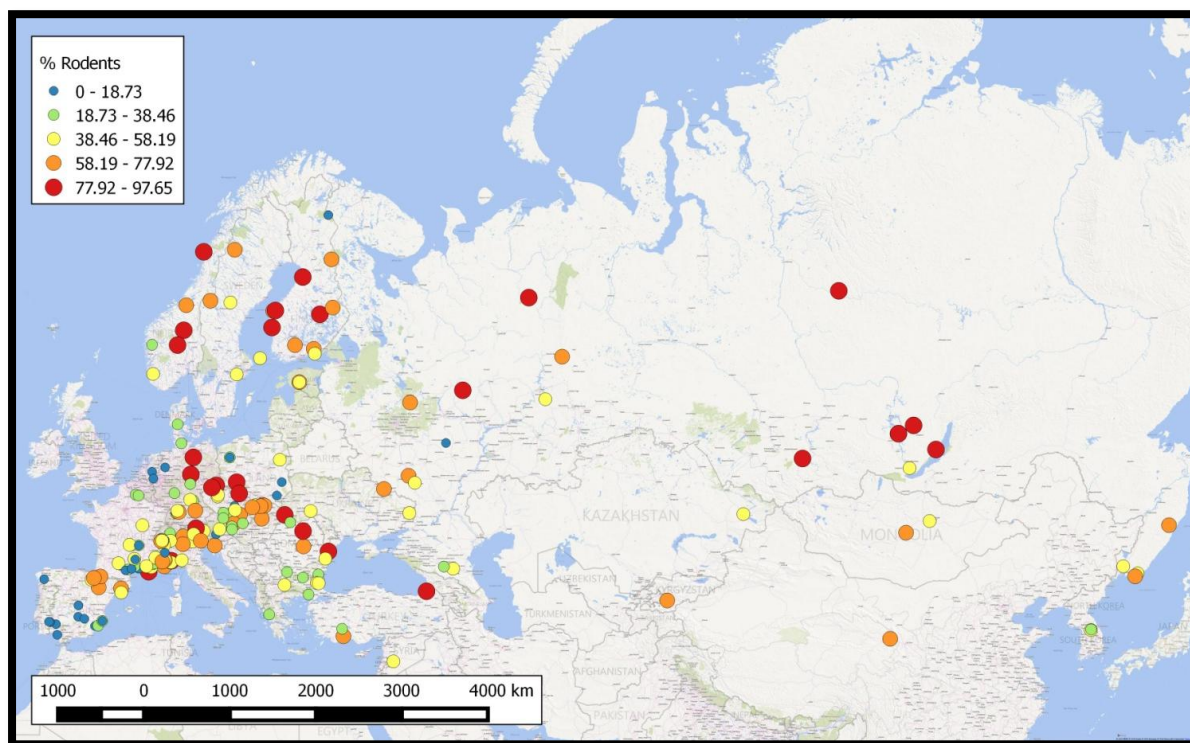
**Figura 13:** Mapa representativo do padrão de variação da percentagem de consumo de insetívoros ao longo da área de estudo.



**Figura 14:** Mapa representativo do padrão de variação da percentagem de consumo de carnívoros ao longo da área de estudo.

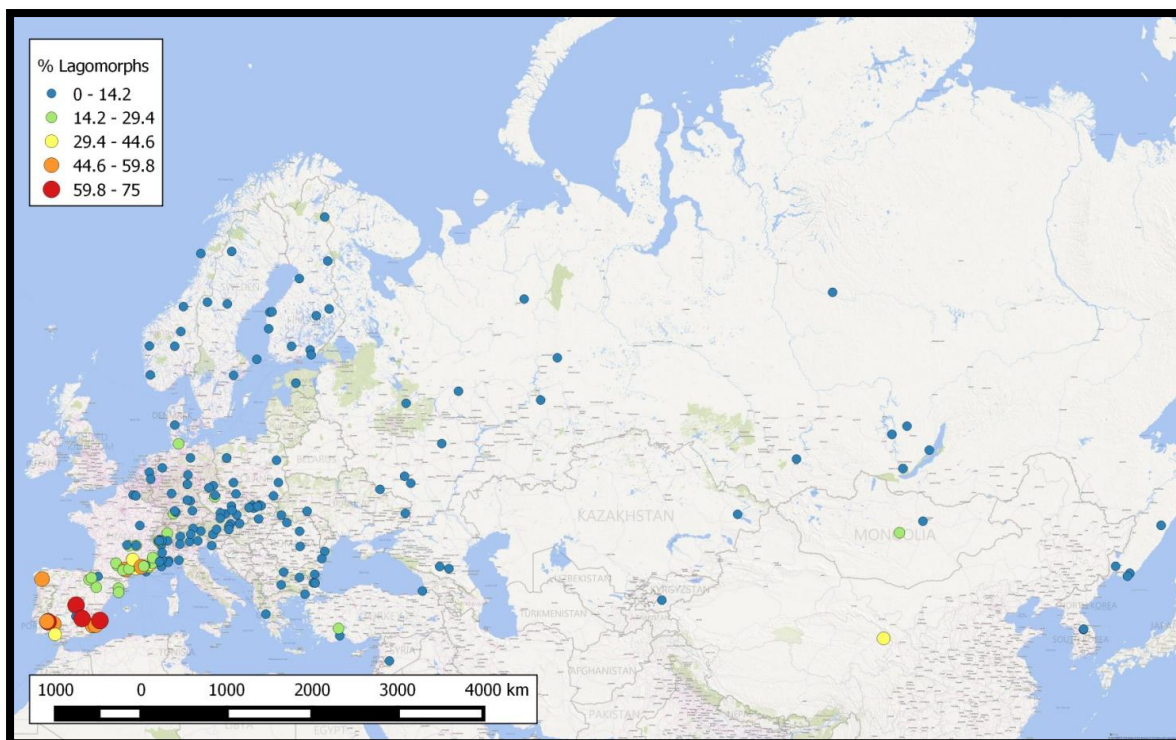


A predação sobre roedores foi, de um modo geral, elevada em toda a distribuição do bufo-real. A percentagem de roedores foi particularmente elevada no centro e norte europeus, mas também no centro asiático. Foram também relativamente abundantes na dieta do bufo-real junto aos Pirenéus, mas na restante área da Península Ibérica foram consumidas em muito baixas percentagens (figura 15).

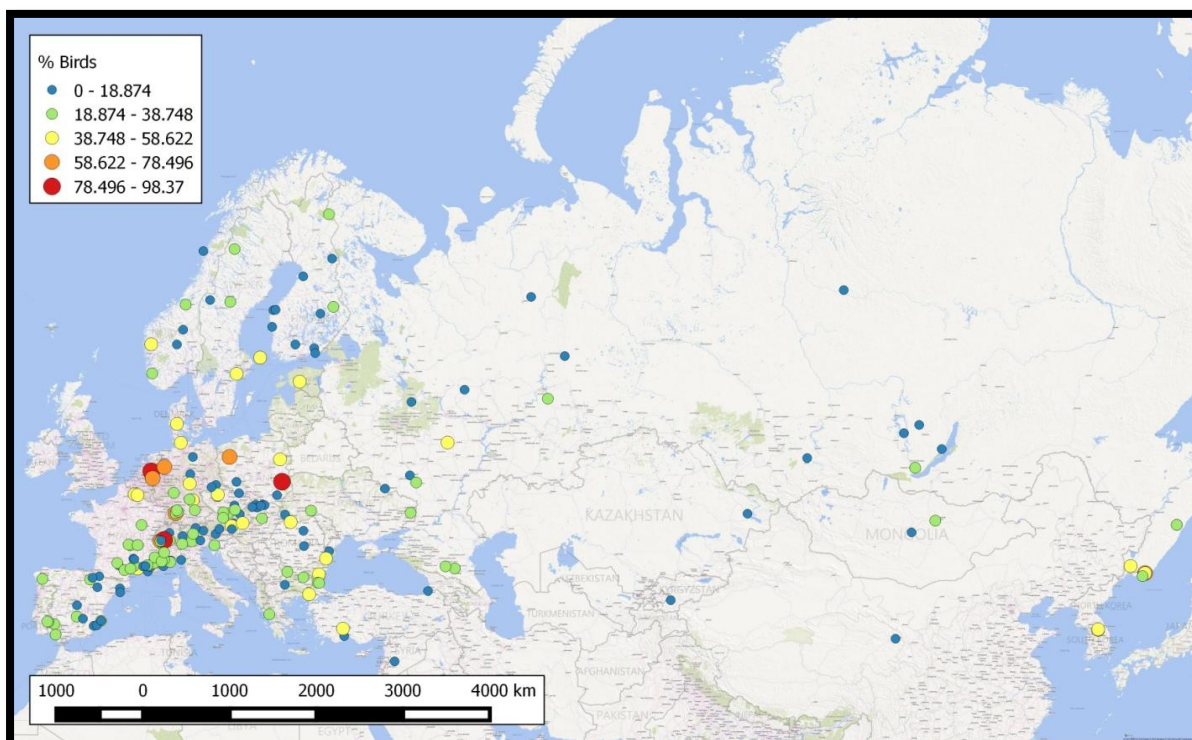


**Figura 15:** Mapa representativo do padrão de variação da percentagem de consumo dos roedores ao longo da área de estudo.

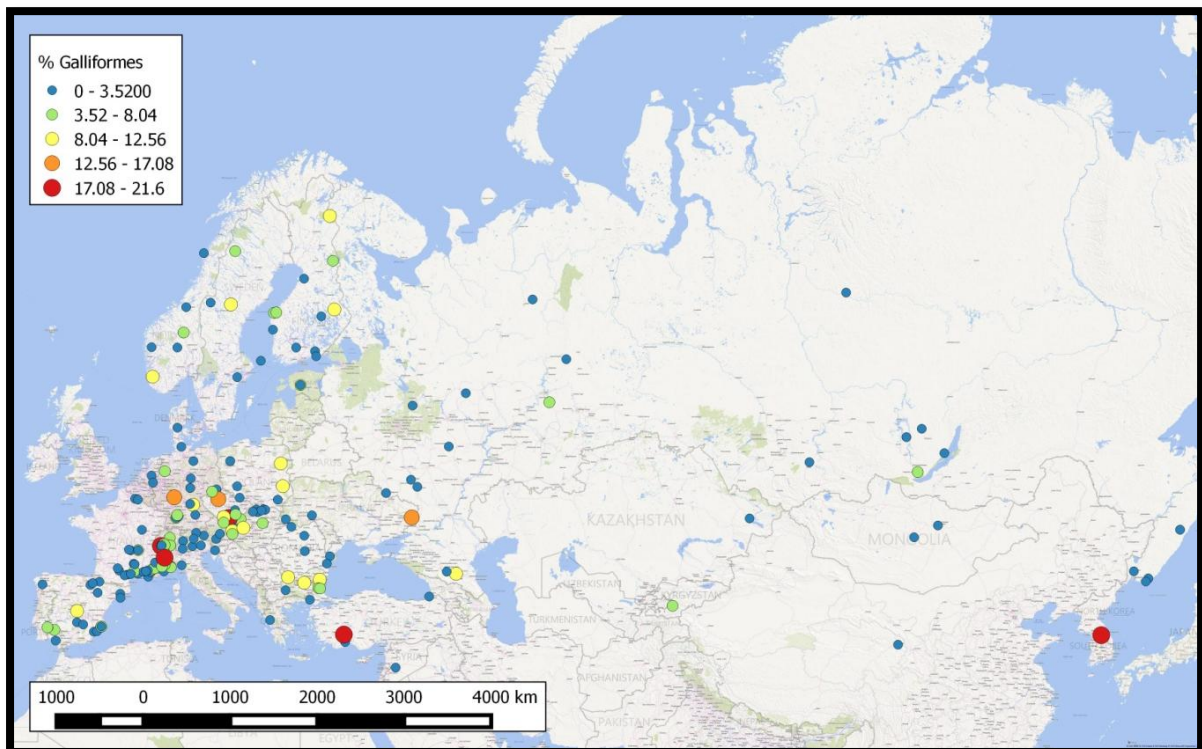
Por outro lado, por observação do mapa da figura 16, verificou-se que os lagomorfos foram consumidos em maior quantidade na Península Ibérica, enquanto que, no resto da Eurásia, a percentagem de lagomorfos presente na dieta foi bastante baixa, à exceção de alguns casos muito pontuais no sul de França e da Ásia.



Verificou-se uma elevada percentagem de aves consumida, pontualmente, na Europa central, mas também são de salientar algumas regiões do norte e sul europeus e ainda o extremo leste asiático. Porém, foi bastante mais reduzida no restante da área de estudo (figura 17).



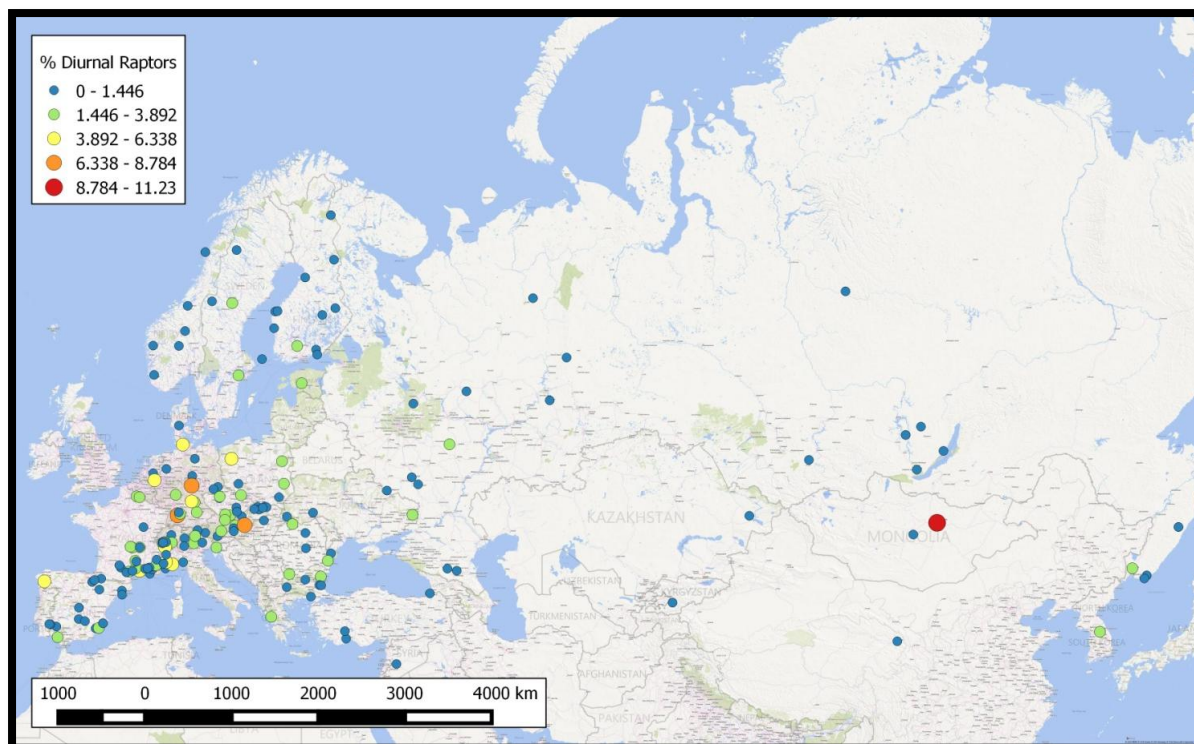
No caso dos galiformes, este grupo foi, pontualmente, mais consumido na Europa central, na Turquia e na Coreia do Sul, tal como pode ser observado na figura 18. Porém, de um modo geral, estavam pouco presentes na dieta do bufo-real.



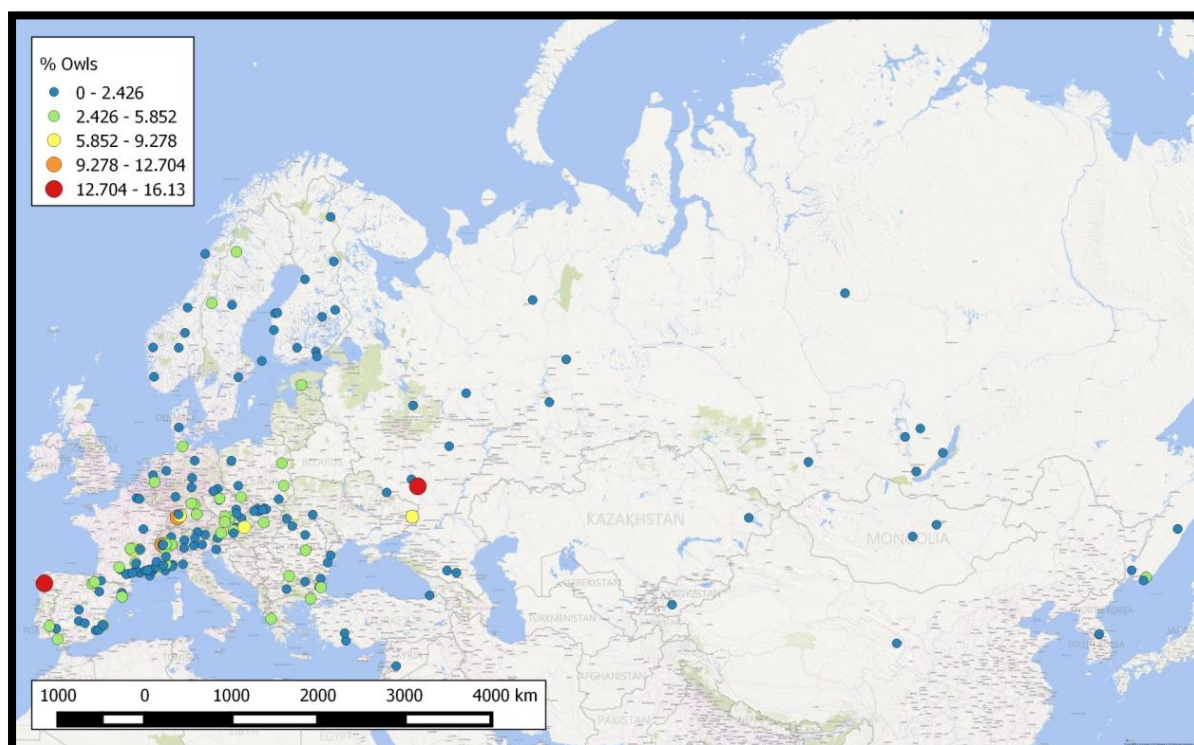
**Figura 18:** Mapa representativo do padrão de variação da percentagem de consumo de galiformes ao longo da área de estudo.

Outro caso trata-se das aves de rapina diurnas que, de um modo geral, surgiram com uma reduzida abundância na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo. Pontualmente, encontraram-se regiões onde o seu consumo foi mais elevado, nomeadamente no sul asiático e na Europa central. No noroeste da Península Ibérica esse consumo também foi superior ao verificado na restante área de Portugal e Espanha (figura 19). De modo similar, o consumo de aves de rapina noturnas foi, pontualmente, mais elevado no noroeste ibérico e no ocidente russo. Em algumas regiões da Europa central o consumo também foi relativamente elevado, em relação ao total de aves de rapina noturnas consumido. De um modo geral, este grupo estava pouco presente na dieta do bufo-real ao longo da sua distribuição (figura 20).



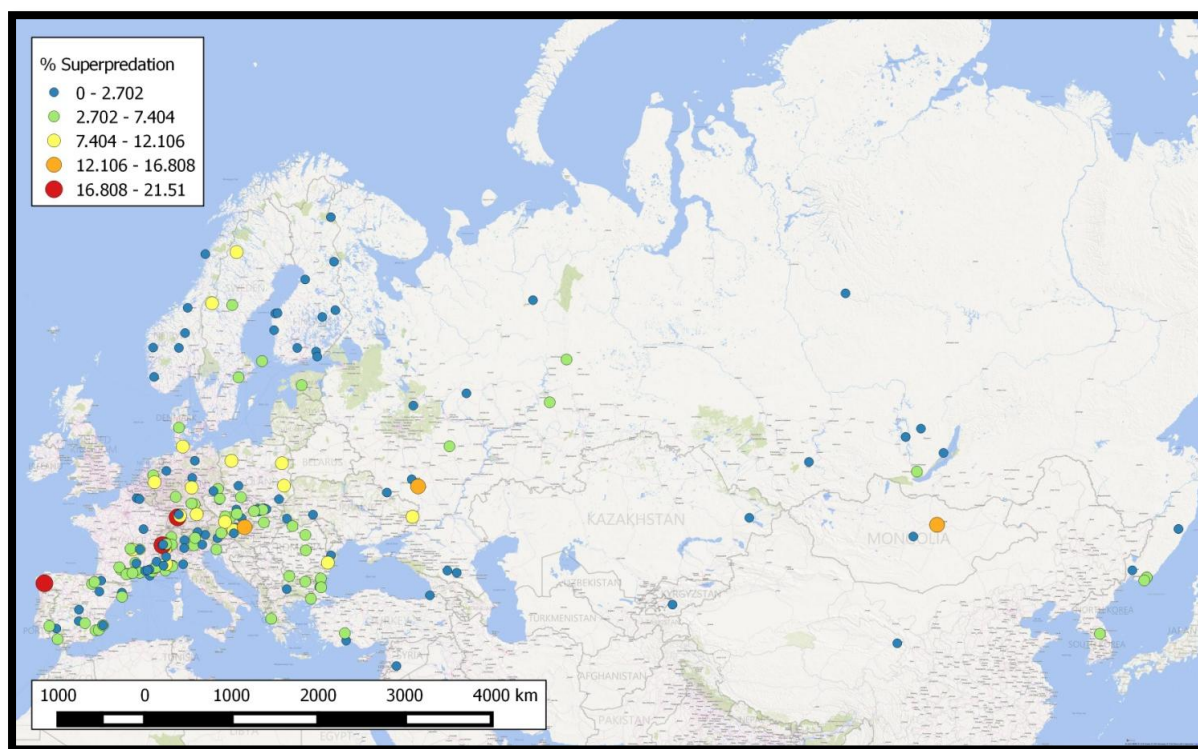


**Figura 19:** Mapa representativo do padrão de variação da percentagem de consumo de aves de rapina diurnas ao longo da área de estudo.



**Figura 20:** Mapa representativo do padrão de variação da percentagem de consumo de aves de rapina noturnas ao longo da área de estudo.

De acordo com o mapa da figura 21, a percentagem de superpredação é, de um modo geral, bastante reduzida, sendo apenas particularmente abundante no noroeste da Península Ibérica e em alguns pontos na Europa central, ocidente Russo e no centro asiático.

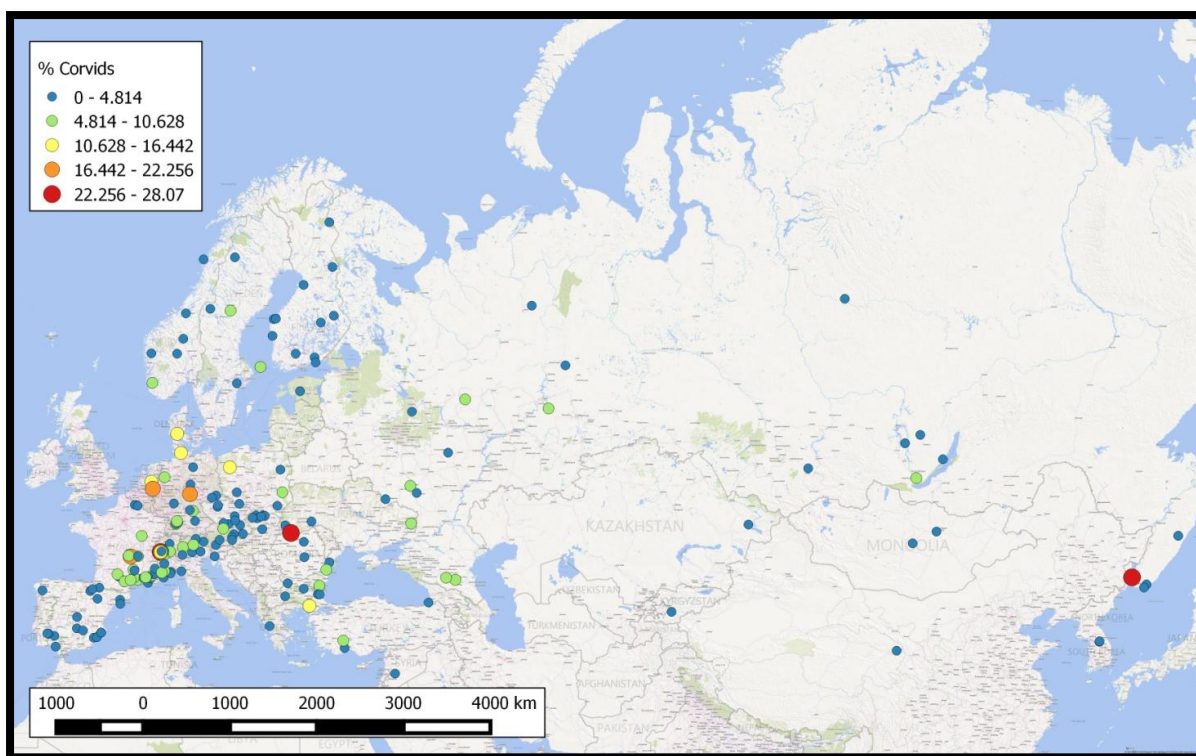


**Figura 21:** Mapa representativo do padrão de variação da percentagem de ocorrência de superpredação ao longo da área de estudo.

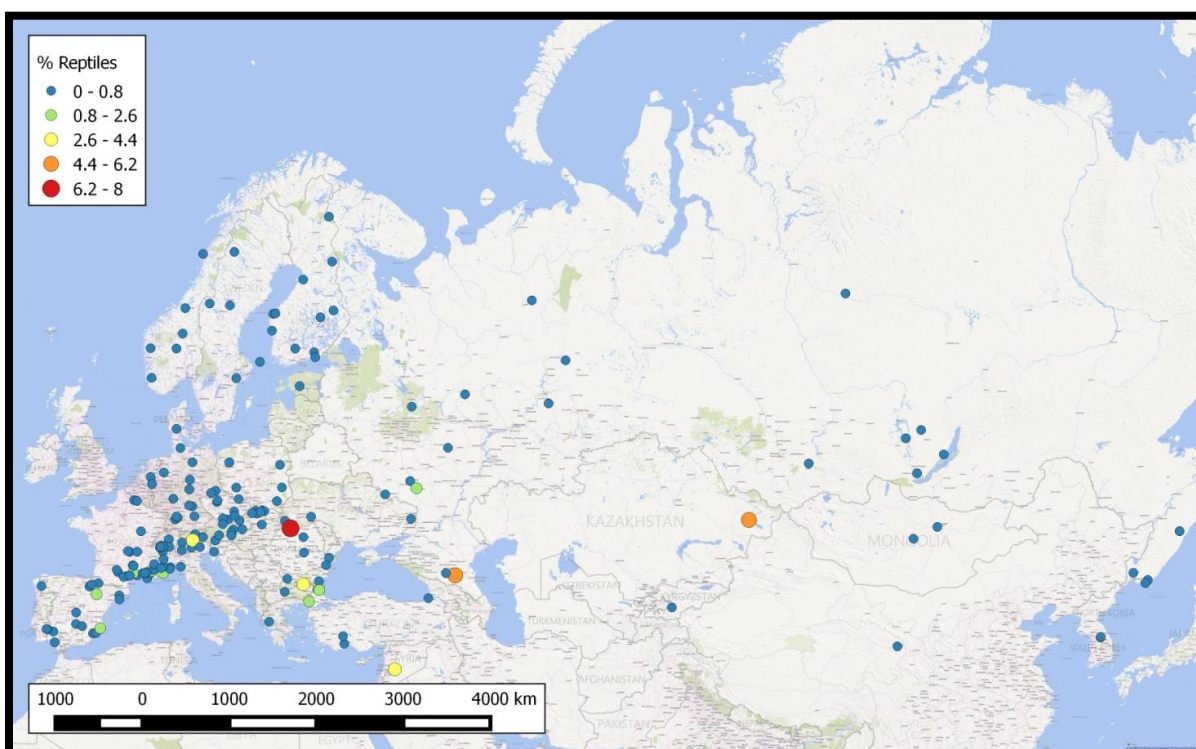
No caso dos corvídeos, por observação do mapa da figura 22, houve um maior consumo pontual na Europa central e no extremo leste da Rússia. Contudo, esse grupo foi relativamente pouco predado pelo bufo-real.

O padrão da percentagem de répteis na dieta é bastante idêntico ao caso anterior. Os répteis foram, de um modo geral, pouco consumidos ao longo de toda a distribuição do bufo-real. Todavia, foram ainda registados alguns casos pontuais em que foi capturada uma maior quantidade de indivíduos pertencentes a esse grupo, nomeadamente no leste europeu, no Cáucaso e na Ásia central (figura 23).



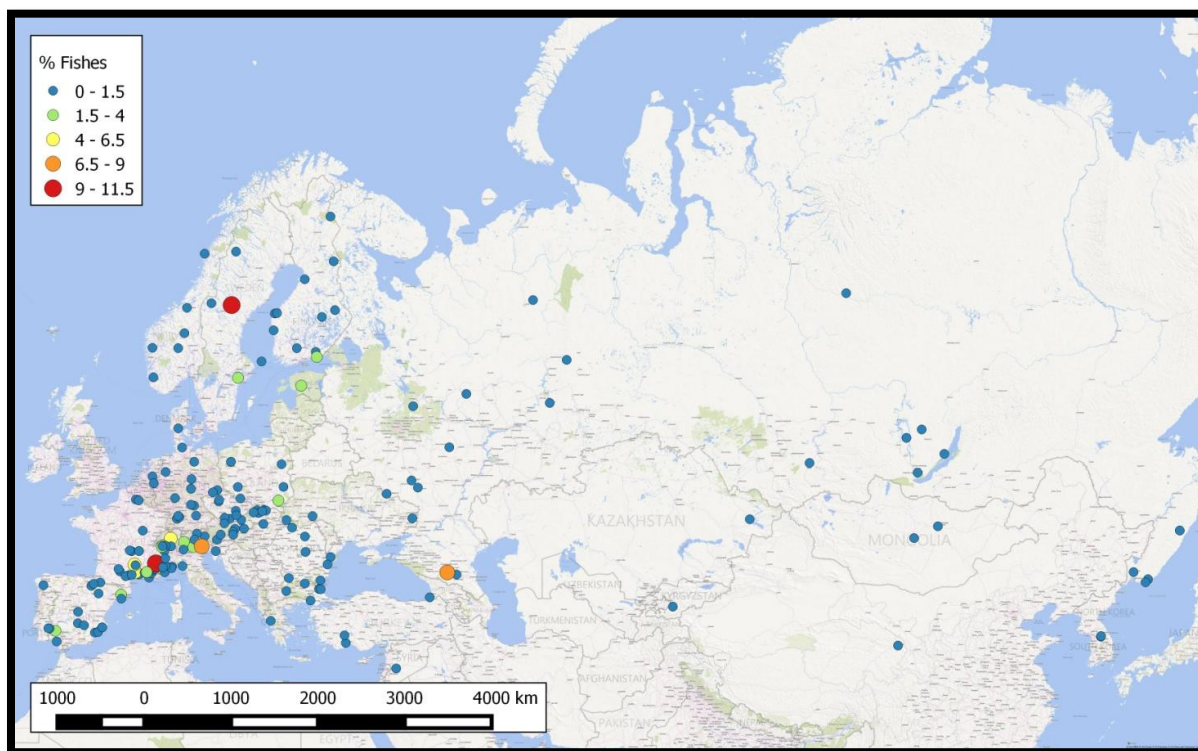


**Figura 22:** Mapa representativo do padrão de consumo de corvídeos ao longo da área de estudo.



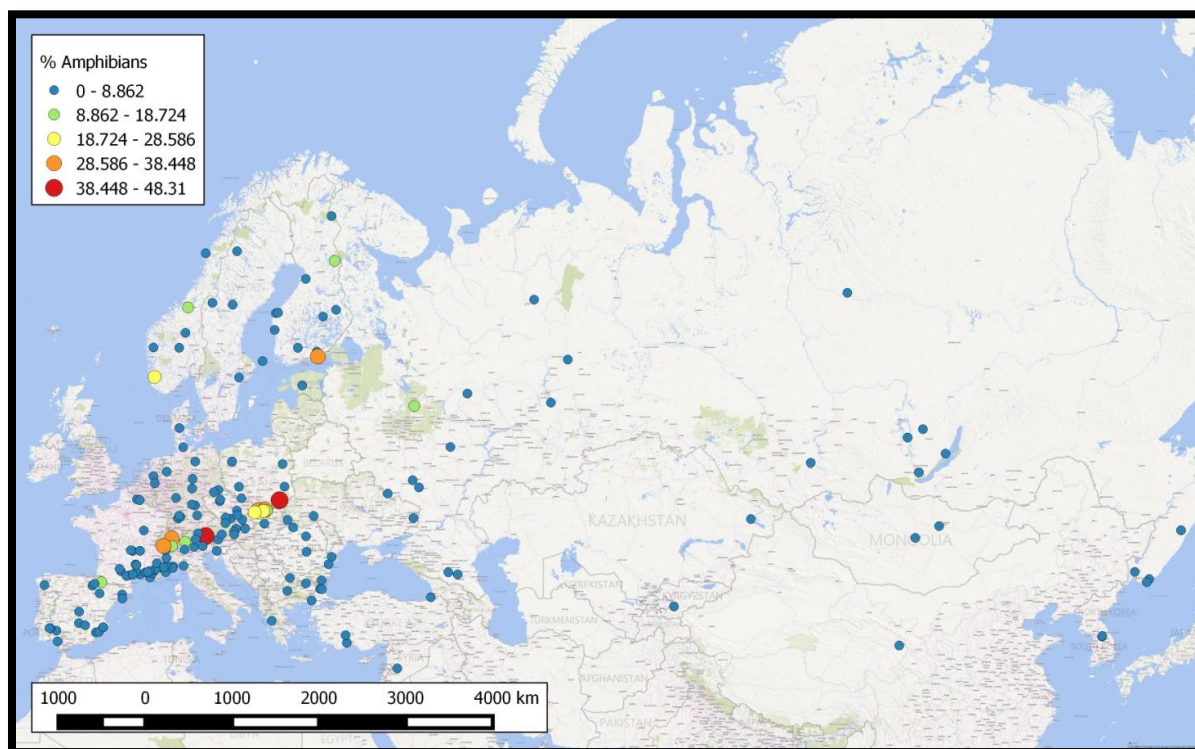
**Figura 23:** Mapa representativo do padrão de consumo de répteis ao longo da área de estudo.

Verificou-se um maior consumo pontual de peixes pelo bufo-real junto a massas de água no centro e norte da Europa e no Cáucaso. Na restante área de estudo a percentagem de consumo de peixe foi bastante reduzida (figura 24).



**Figura 24:** Mapa representativo do padrão de consumo de peixes ao longo da área de estudo.

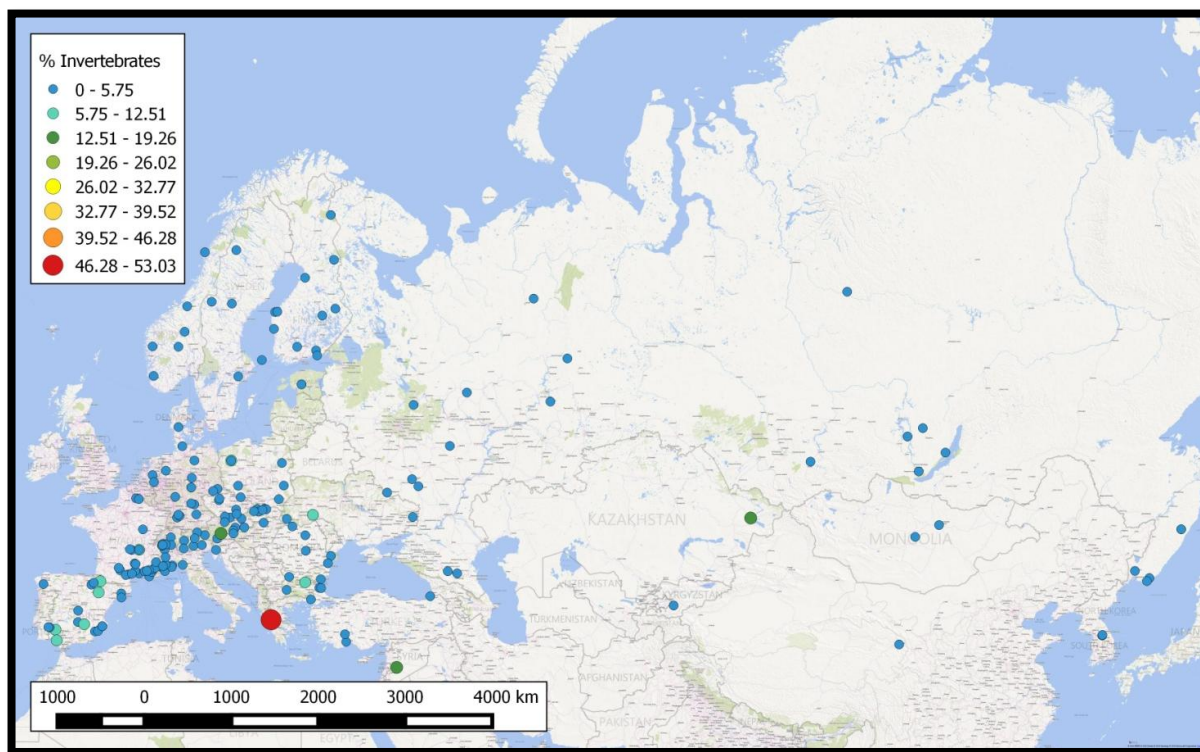
No caso dos anfíbios, verificou-se um maior consumo principalmente no centro europeu, mas também no norte. Na Península Ibérica e na Rússia o consumo de anfíbios foi bastante mais reduzido (figura 25).



**Figura 25:** Mapa representativo do padrão de consumo de anfíbios ao longo da área de estudo.



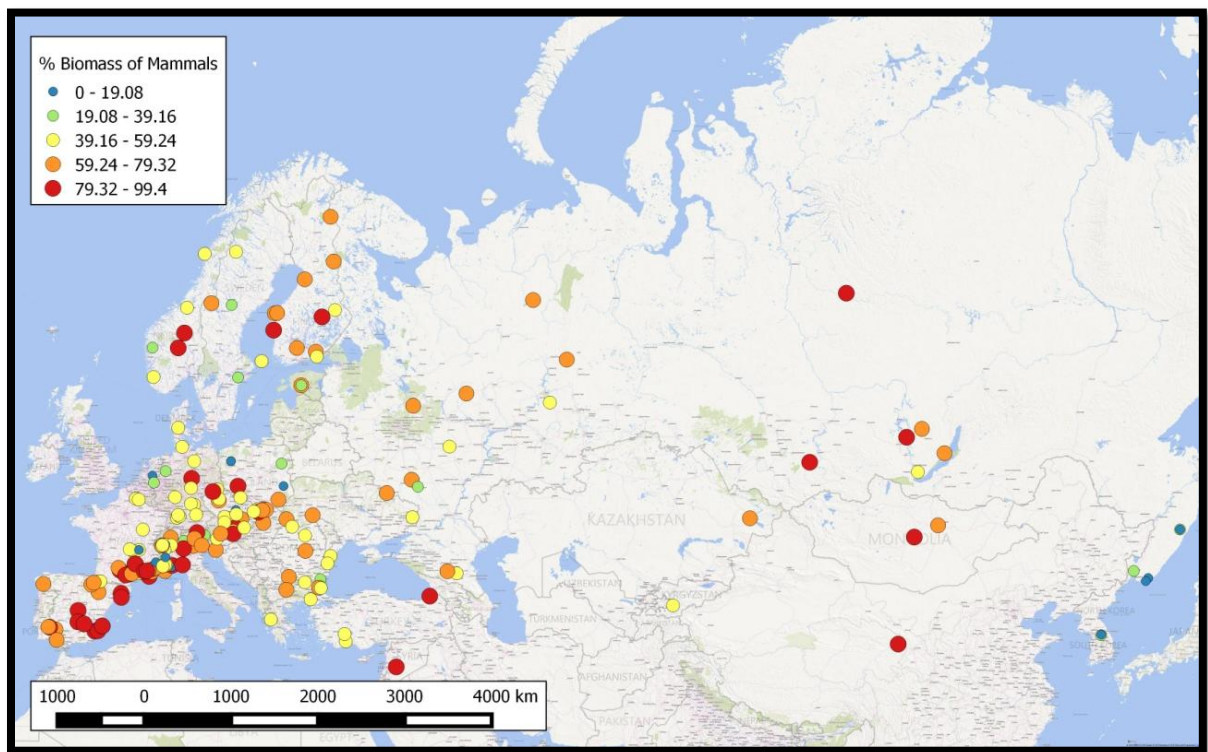
Já os invertebrados foram consumidos em quantidades muito reduzidas ao longo de toda a área de estudo. Porém, verificou-se um caso pontual na Grécia onde os invertebrados constituíam mais de metade da dieta do bufo-real (figura 26).



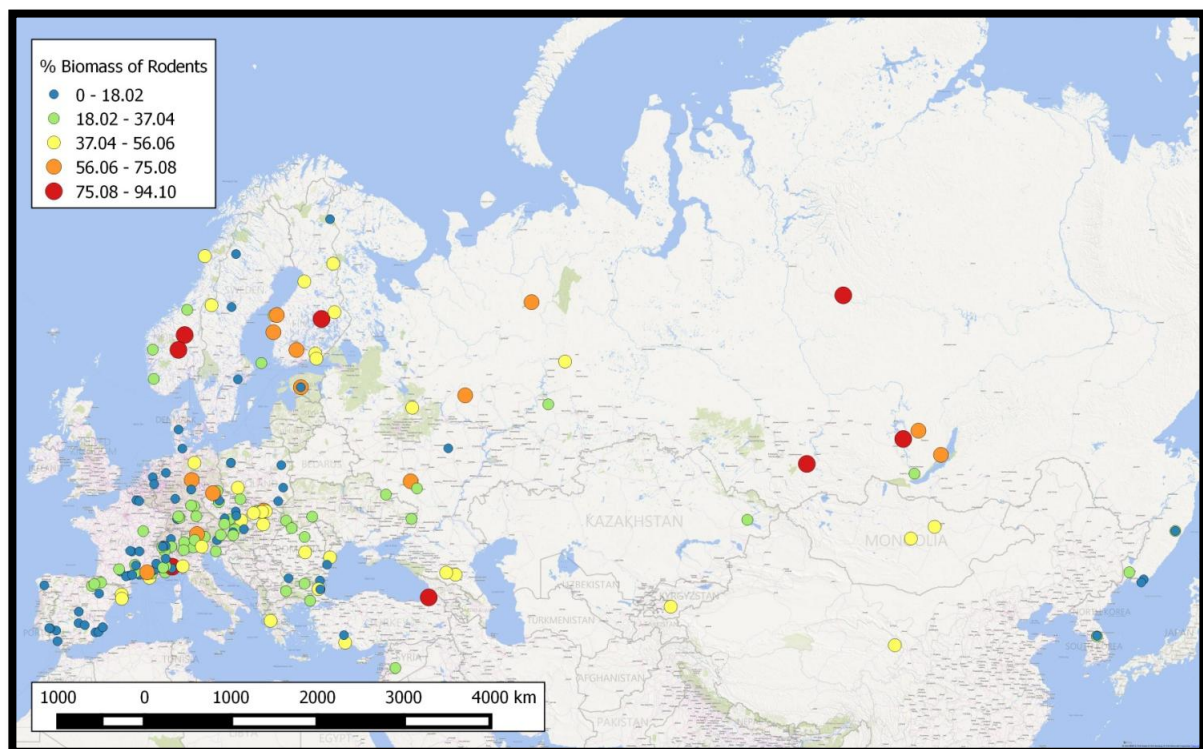
**Figura 26:** Mapa representativo do padrão de consumo de invertebrados ao longo da área de estudo.

Os mapas seguintes referem-se à percentagem de biomassa consumida dos grupos apresentados. Assim, com base na figura 27, verificou-se que a percentagem de biomassa de mamíferos consumida foi relativamente constante ao longo da área de estudo sendo, no entanto, mais reduzida no extremo leste asiático.

Relativamente aos roedores, a percentagem de biomassa consumida foi superior no norte da Europa e na Ásia central e foi também pontualmente elevada na Europa central e na Turquia. No entanto, a percentagem de biomassa de roedores presente na dieta foi mais reduzida na Península Ibérica (figura 28).

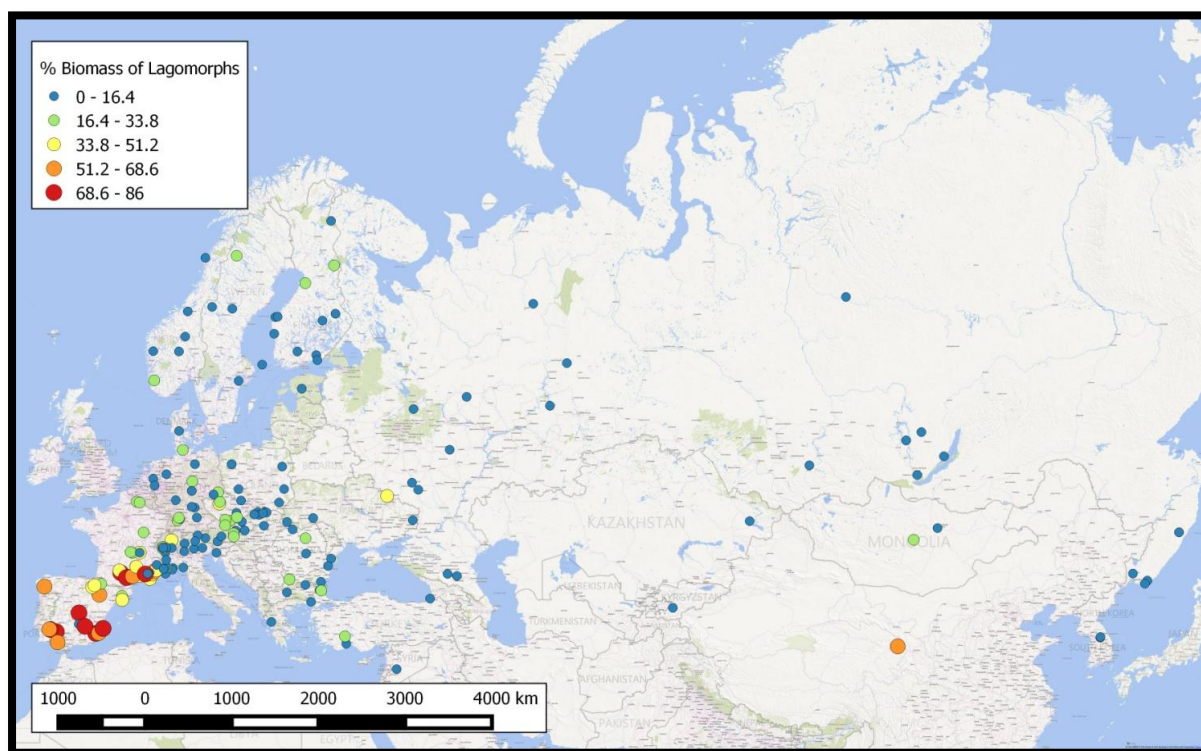


**Figura 27:** Mapa representativo do padrão de variação da percentagem de biomassa de mamíferos consumida ao longo da área de estudo.



**Figura 28:** Mapa representativo do padrão de variação da percentagem de biomassa de roedores consumida ao longo da área de estudo.

De acordo com o mapa da figura 29, a percentagem de biomassa de lagomorfos presente na dieta foi muito elevada na Península Ibérica e no sul de França, mas bem mais inferior na restante área de estudo. Contudo, verificaram-se ainda alguns casos pontuais no leste europeu e no sul asiático onde a biomassa de lagomorfos registada foi mais elevada.



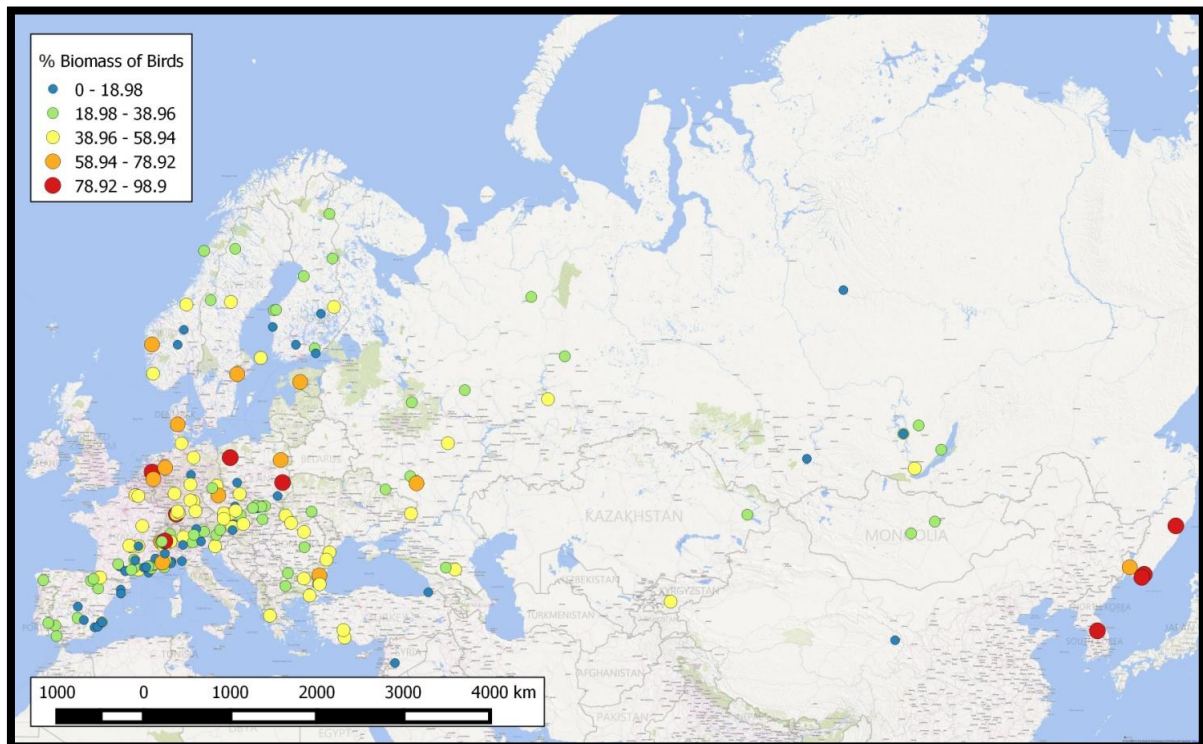
**Figura 29:** Mapa representativo do padrão de variação da percentagem de biomassa de lagomorfos consumida ao longo da área de estudo.

Por observação do mapa da figura 30, verificou-se uma maior percentagem de biomassa de aves presente na dieta de bufo-real na Europa central (mas também em alguns casos no norte e no sul) e no extremo este asiático. Na Península Ibérica a percentagem de biomassa de aves consumida foi bastante moderada.

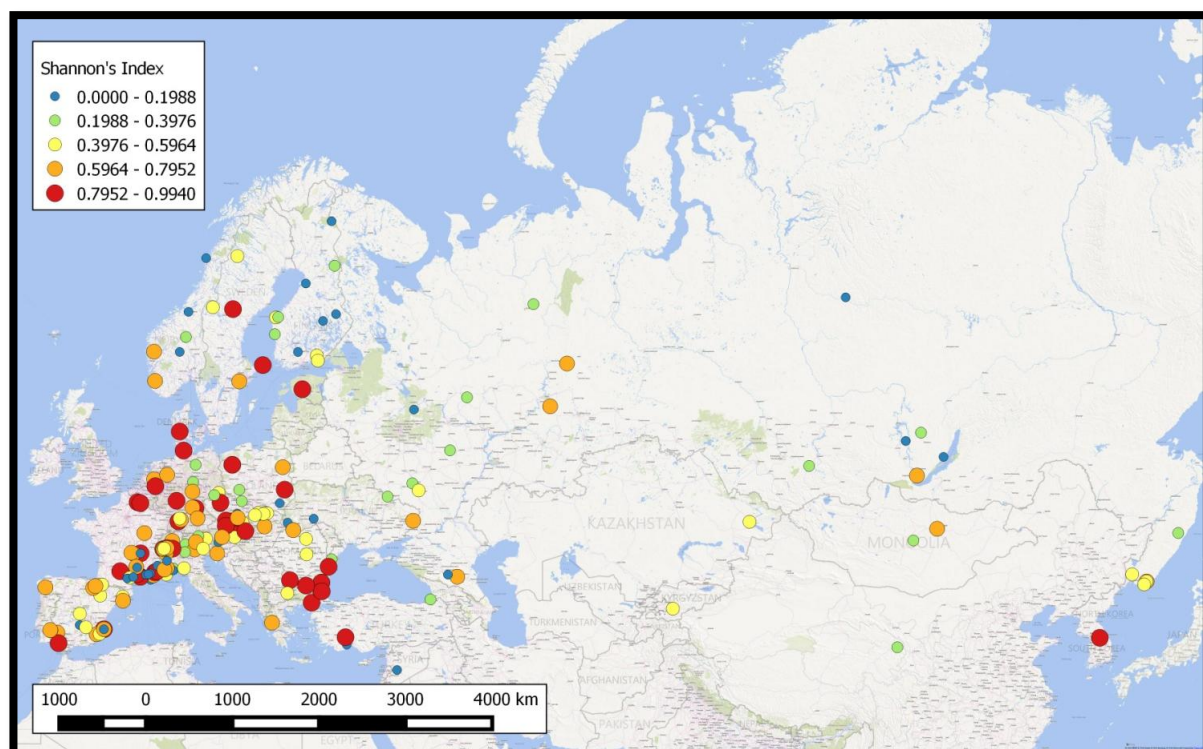
O índice de Shannon foi, de um modo geral, muito elevado ao longo da área de estudo, indicando que muitos locais apresentam uma elevada diversidade trófica em oposição a um reduzido número de estudos com baixa diversidade trófica. Pode destacar-se toda a Europa onde isso é particularmente notável, assim como em alguns casos no leste asiático. A diversidade da dieta foi pontualmente baixa no centro da Europa, mas mais evidentemente no norte europeu e em grande parte da Ásia. Pontualmente, o índice de Shannon também foi bastante elevado nalguns casos no centro asiático, indicando menor diversidade trófica (figura 31). Por oposição, o índice de Simpson foi pontualmente elevado



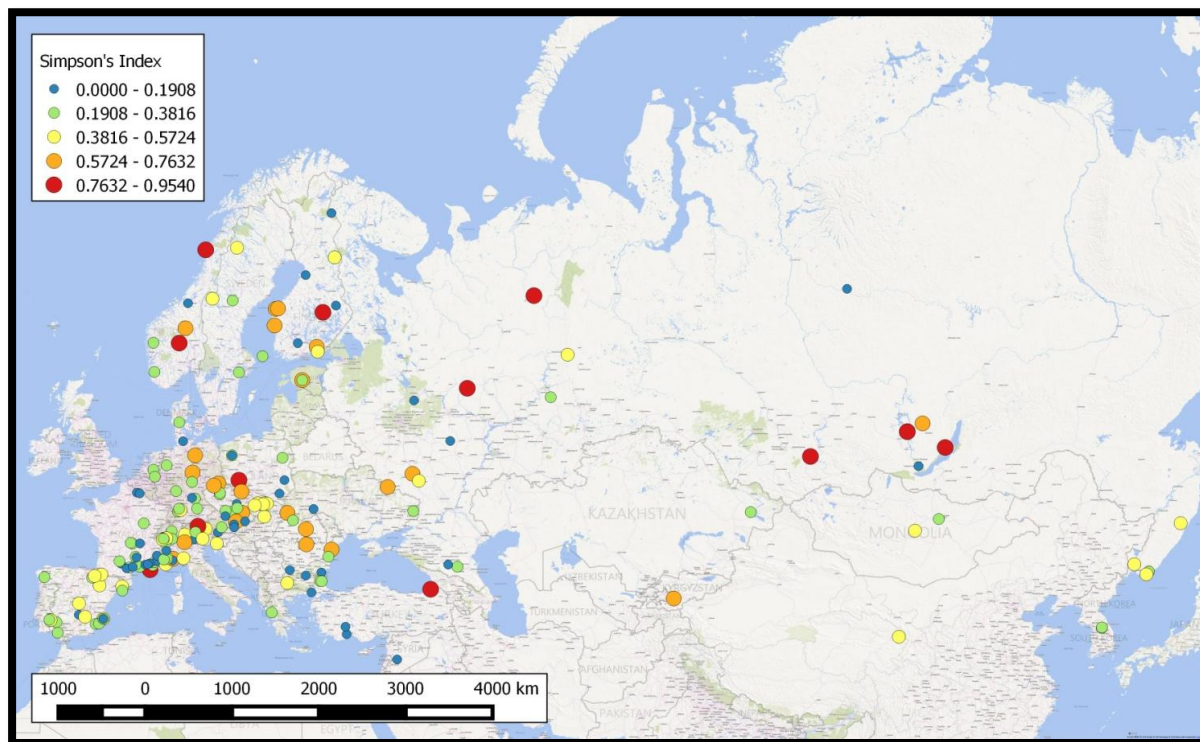
na Europa, mas foi reduzido na Península Ibérica (diversidade trófica elevada). Também foi elevado na região do Cáucaso e a oeste e no sul da Rússia (figura 32).



**Figura 30:** Mapa representativo da variação da percentagem de biomassa de aves consumidas ao longo da área de estudo.

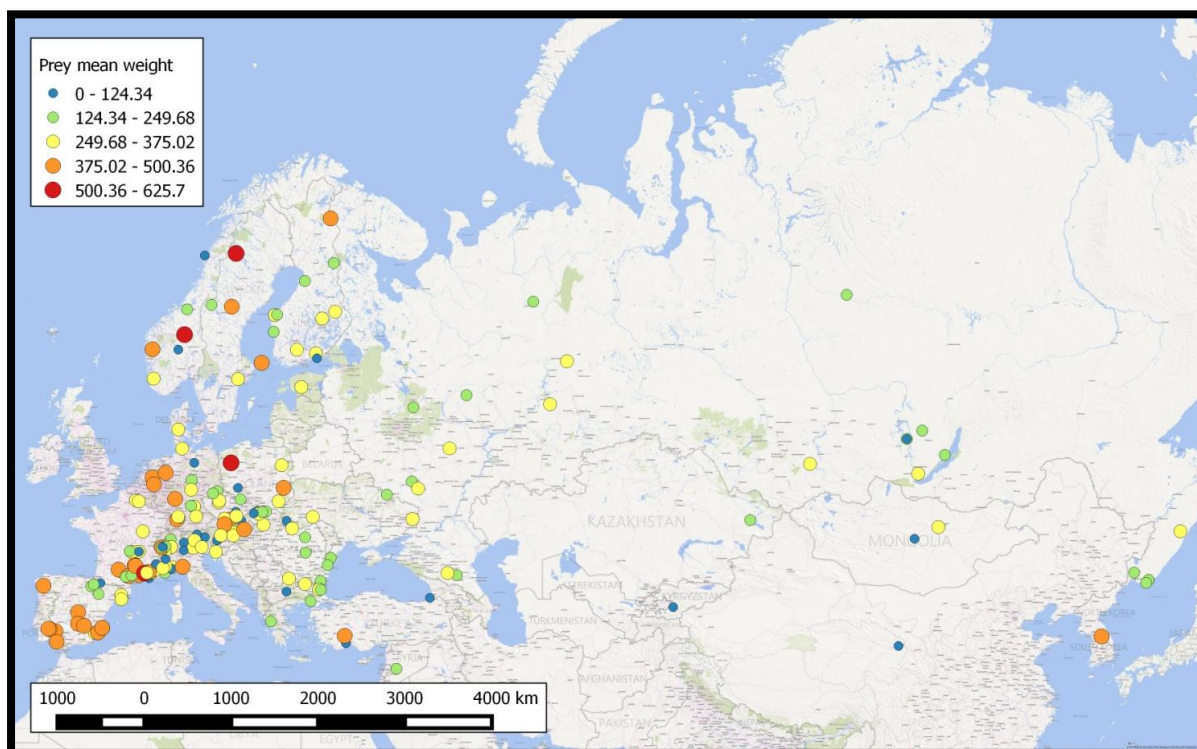


**Figura 31:** Mapa representativo da variação do índice de Shannon ao longo da área de estudo.



**Figura 32:** Mapa representativo da variação do índice de Simpson ao longo da área de estudo.

Por fim, o peso médio das presas foi, no geral, elevado por toda a Europa, mas verificaram-se alguns casos com um valor pontualmente muito elevado no norte da Europa e outro caso no sul. Verificou-se também uma maior variação do peso médio na Europa central, mas foi mais reduzido, de um modo geral, na Ásia (exceto na Coreia do Sul onde o peso médio das presas foi considerável) (figura 33).

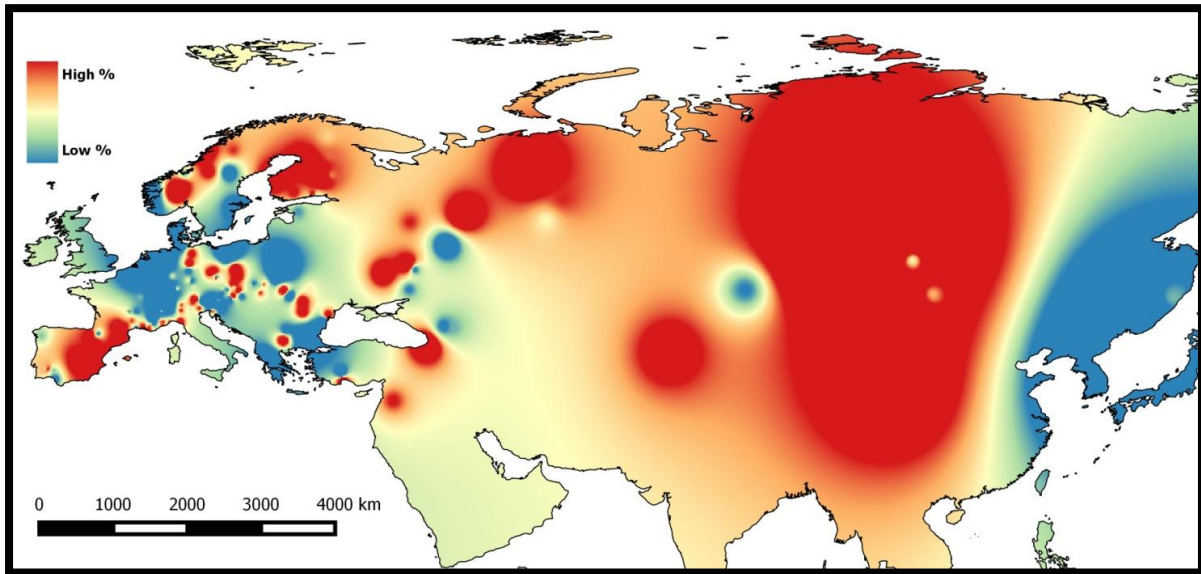


**Figura 33:** Mapa representativo da variação do peso médio das presas ao longo da área de estudo.



### 3.1.3. Mapas dos descritores da dieta com base em interpolação espacial

Na figura 34 é apresentada a variação estimada da percentagem de mamíferos na dieta do bufo-real ao longo do Paleártico. Verificou-se um elevado consumo de mamíferos a este da Península Ibérica, no norte da Europa, na Ásia e, mais pontualmente, na Europa central. Por observação da imagem, o consumo de mamíferos foi reduzido no extremo leste asiático e na maior parte da Europa central.

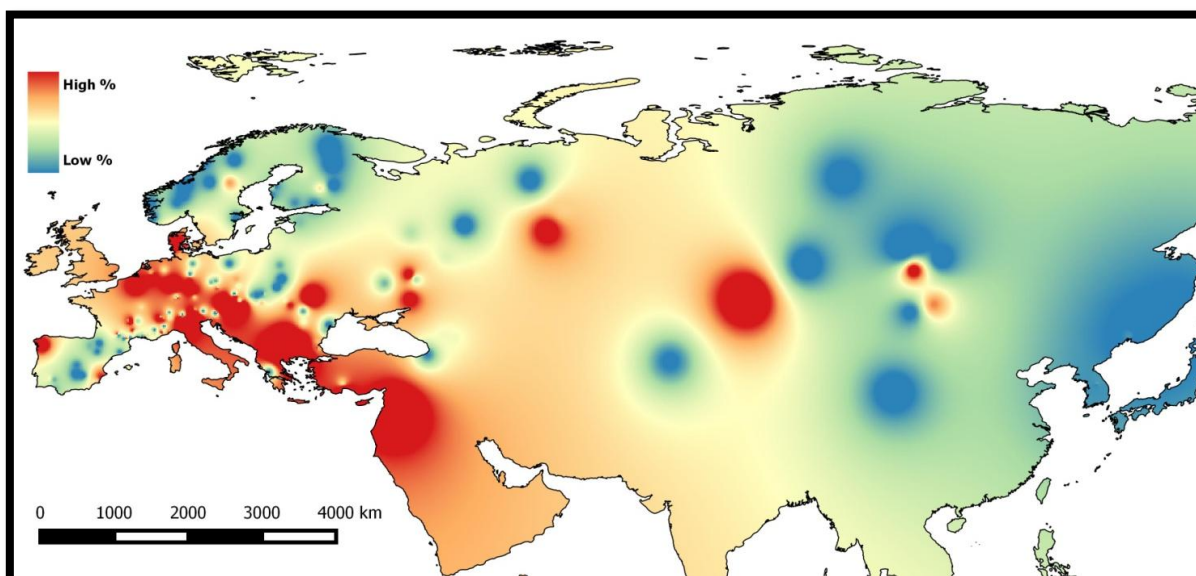


**Figura 34:** Mapa representativo da variação estimada da percentagem de mamíferos na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo. A vermelho estão representadas as regiões onde a percentagem de mamíferos consumidos é mais elevada e a azul onde é mais reduzida.

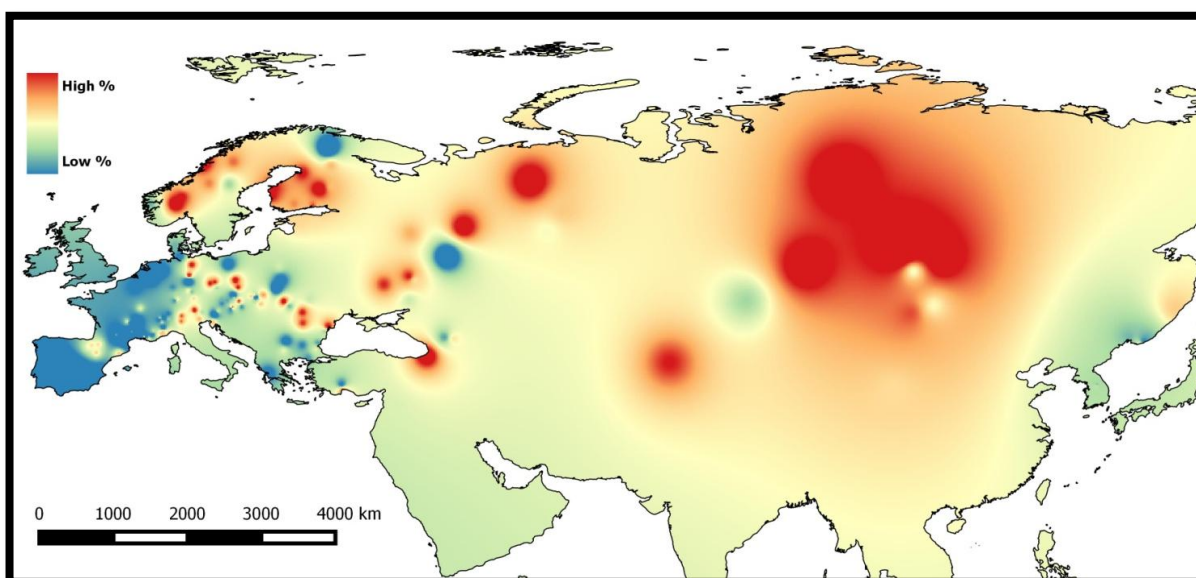
De acordo com os resultados da figura 35, houve uma maior percentagem de insetívoros consumidos na Europa central e no Médio Oriente, mas também pontualmente no noroeste da Península Ibérica e na Ásia central. O consumo de insetívoros foi mais reduzido principalmente no norte europeu e no leste asiático.

No caso dos roedores, a percentagem de consumo deste grupo pelo bufo-real foi elevada apenas pontualmente na Europa e no centro da Rússia (figura 36). Este grupo foi particularmente pouco consumido na Península Ibérica e a oeste da Europa central.



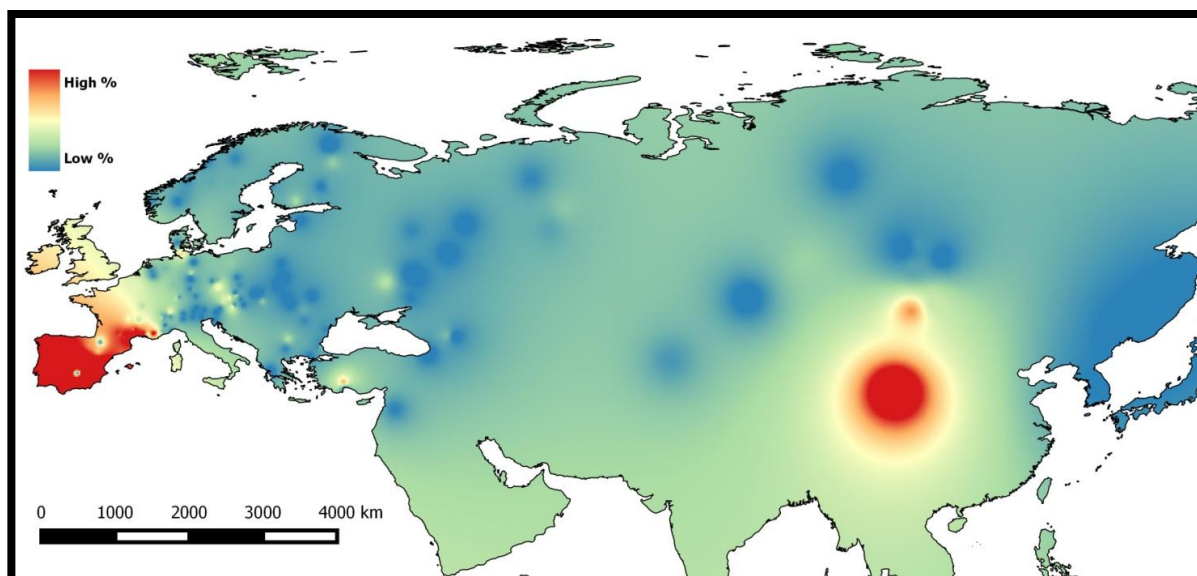


**Figura 35:** Mapa representativo da variação estimada da percentagem de insetívoros na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo. A vermelho estão representadas as regiões onde a percentagem de insetívoros consumidos é mais elevada e a azul onde é mais reduzida.



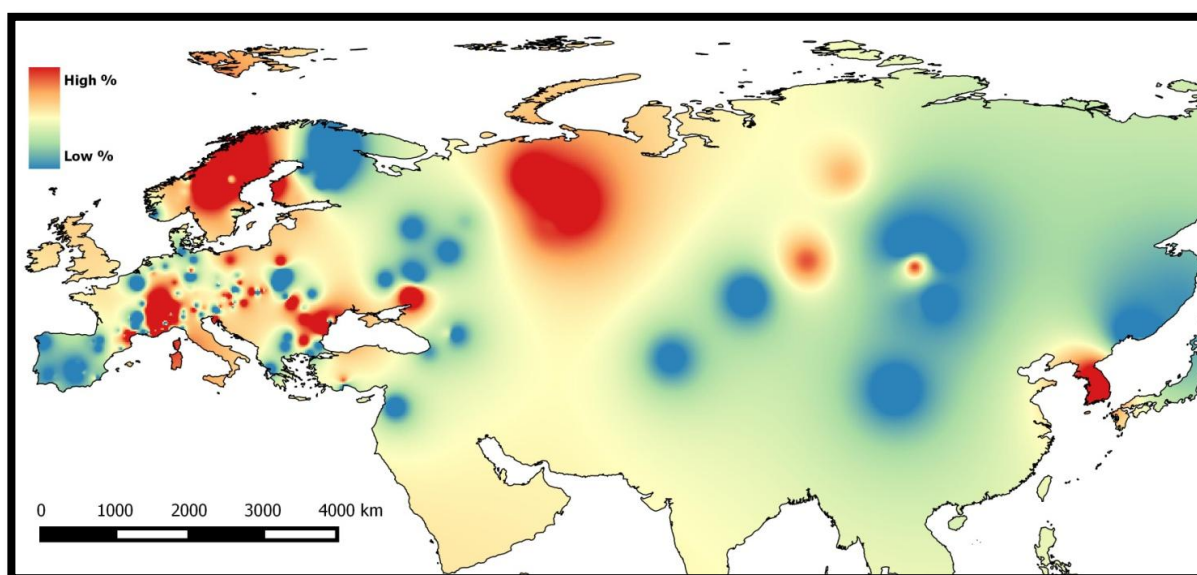
**Figura 36:** Mapa representativo da variação estimada da percentagem de roedores na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo. A vermelho estão representadas as regiões onde a percentagem de roedores consumidos é mais elevada e a azul onde é mais reduzida.

Com base nos resultados da figura 37, os lagomorfos foram particularmente consumidos na Península Ibérica, no sul de França e numa pequena região do sudeste asiático. Na restante distribuição do bufo-real a percentagem consumida de lagomorfos foi bastante reduzida.



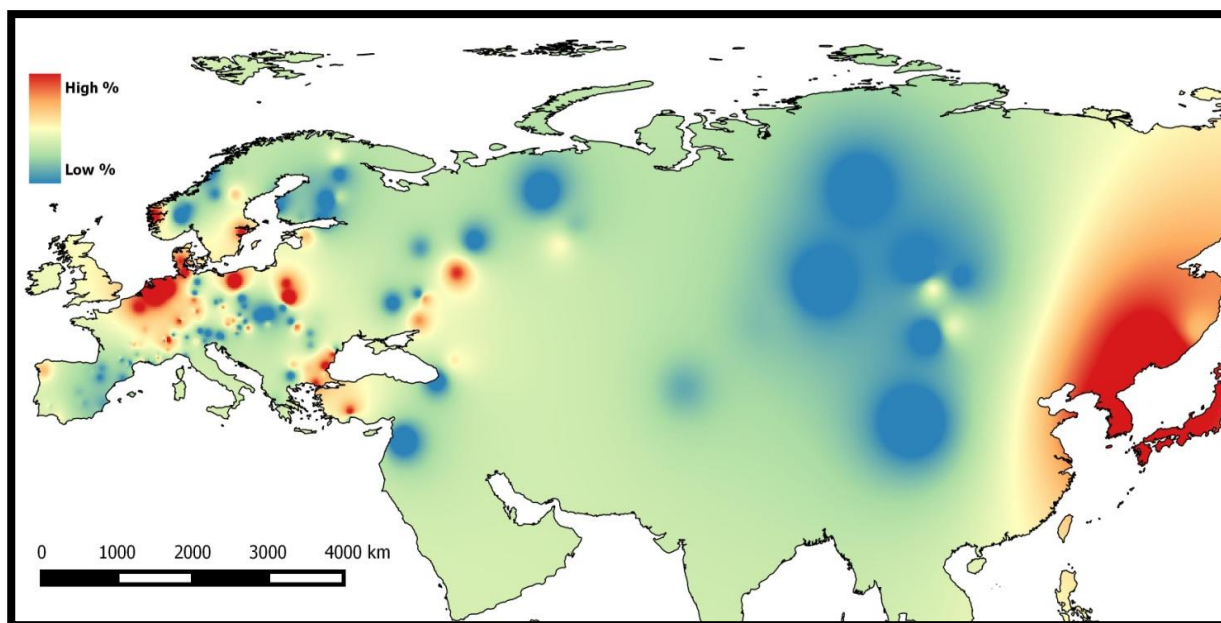
**Figura 37:** Mapa representativo da variação estimada da percentagem de lagomorfos na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo. A vermelho estão representadas as regiões onde a percentagem de lagomorfos consumidos é mais elevada e a azul onde é mais reduzida.

Verificou-se um maior consumo de carnívoros no norte da Europa, no noroeste asiático e na Coreia do Sul, mas também pontualmente no centro da Europa e da Ásia (figura 38). Na Península Ibérica e na maioria do continente Asiático, o consumo de carnívoros foi mais reduzido.



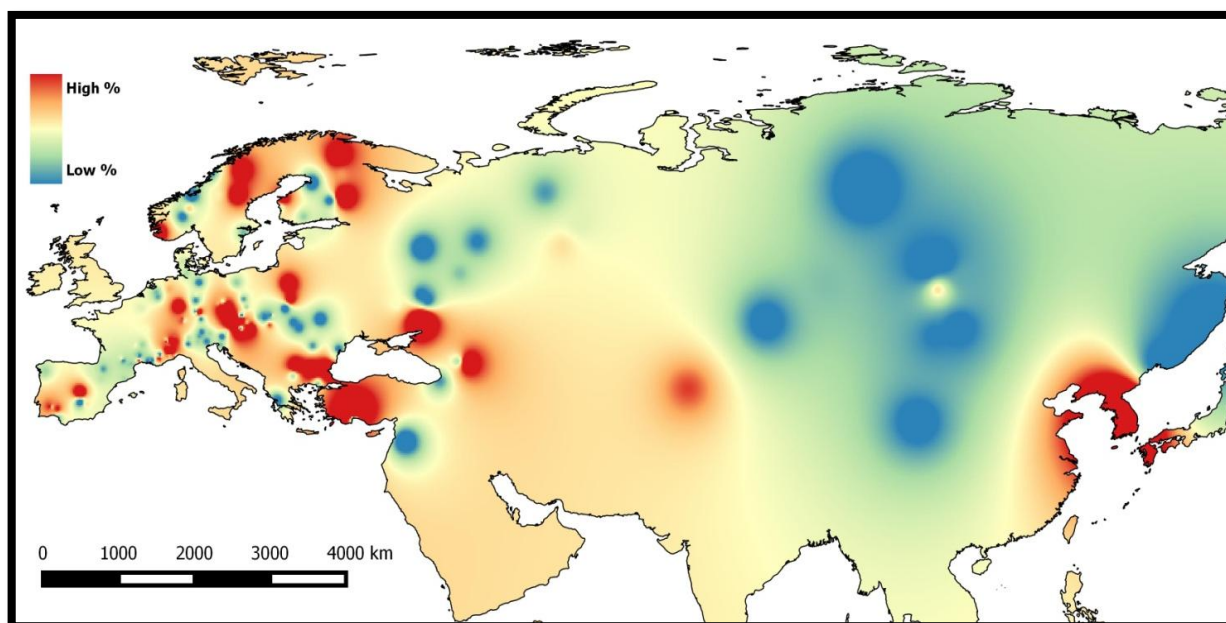
**Figura 38:** Mapa representativo da variação estimada da percentagem de carnívoros na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo. A vermelho estão representadas as regiões onde a percentagem de carnívoros consumidos é mais elevada e a azul onde é mais reduzida.

Por observação da figura 39, de um modo geral, as aves foram pouco predadas. No entanto, a percentagem de aves na dieta do bufo-real foi elevada, pontualmente, na Europa e no extremo leste asiático.



**Figura 39:** Mapa representativo da variação estimada da percentagem de aves na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo. A vermelho estão representadas as regiões onde a percentagem de aves consumidas é mais elevada e a azul onde é mais reduzida.

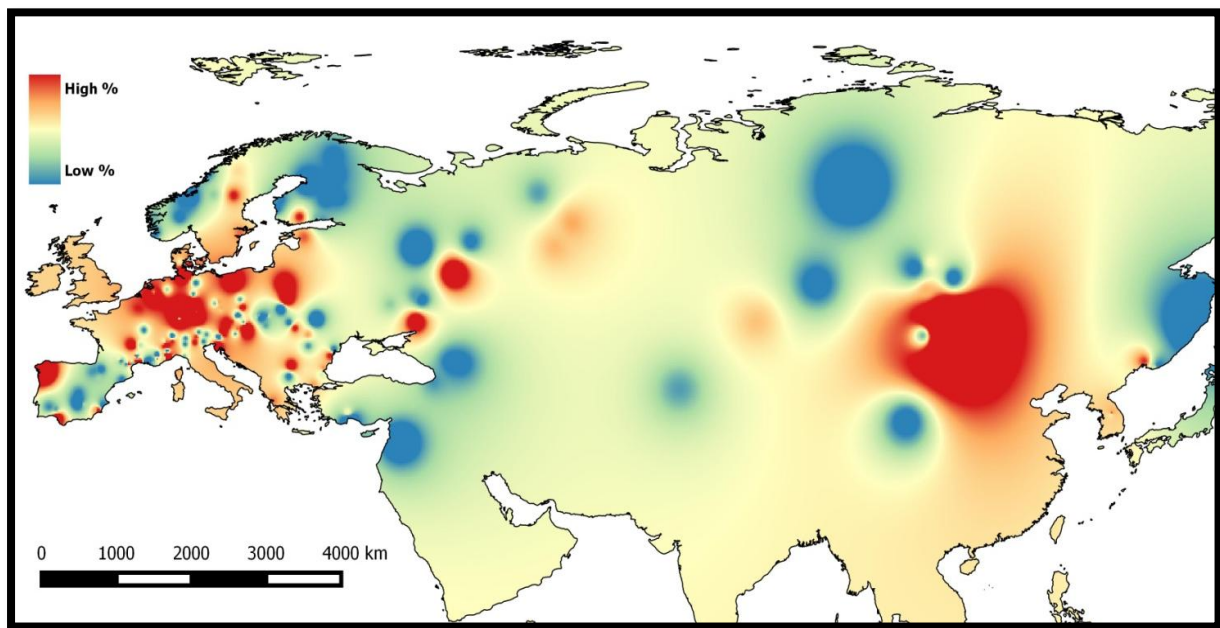
Ao longo da área de estudo, o consumo de galiformes foi relativamente moderado, surgindo em maior abundância na dieta do bufo-real pontualmente por toda a Europa, no Sul da Rússia e na Coreia do Sul (figura 40).



**Figura 40:** Mapa representativo da variação estimada da percentagem de galiformes na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo. A vermelho estão representadas as regiões onde a percentagem de galiformes consumidos é mais elevada e a azul onde é mais reduzida.

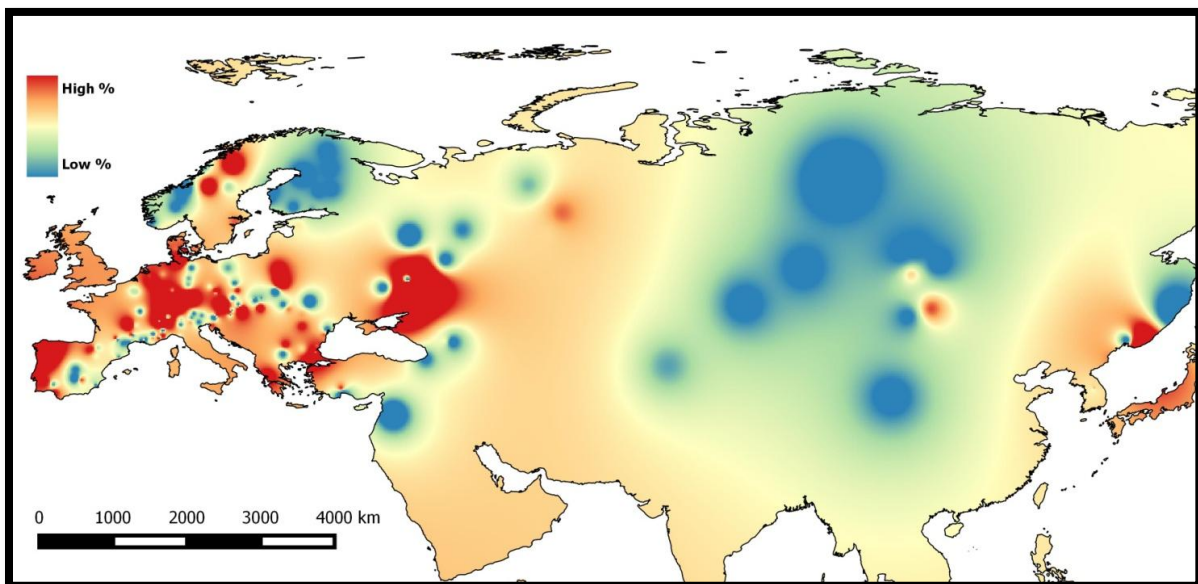


No caso das aves de rapina diurnas, foi consumida uma elevada percentagem deste grupo principalmente no Nordeste da Península Ibérica e na Europa Central. Também foi pontualmente muito elevada no ocidente e numa região restrita do leste asiático. Ao longo da Ásia, o consumo de aves de rapina diurnas pelo bufo-real foi relativamente moderado (figura 41).



**Figura 41:** Mapa representativo da variação estimada da percentagem de aves de rapina diurnas na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo. A vermelho estão representadas as regiões onde a percentagem de rapinas diurnas consumidos é mais elevada e a azul onde é mais reduzida.

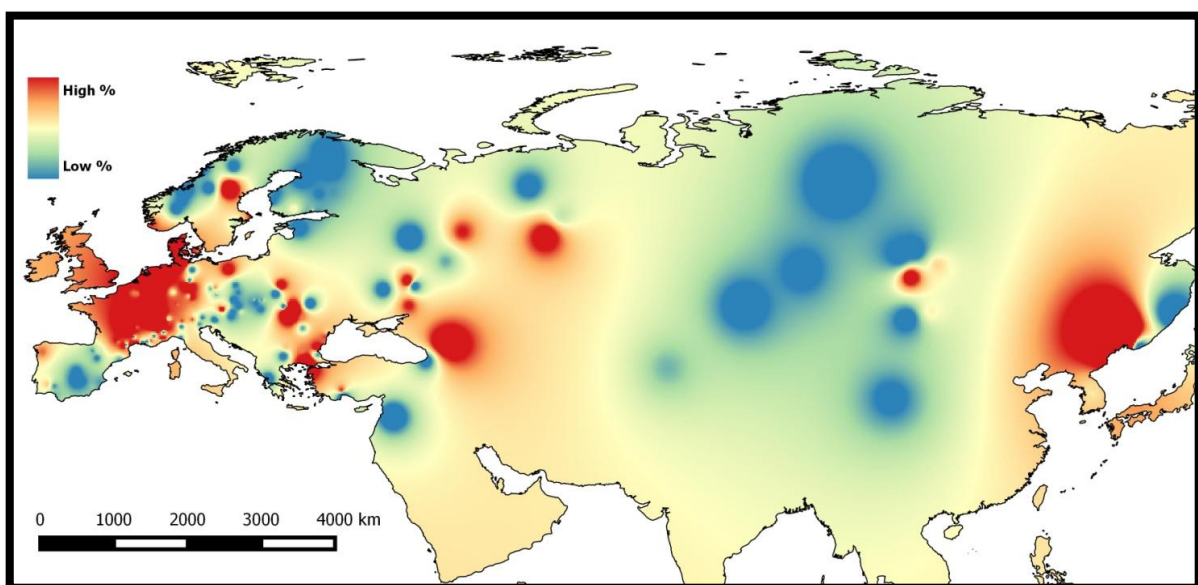
Por outro lado, o consumo de aves de rapina noturnas foi particularmente elevado em toda a região oeste da Península Ibérica, na Europa central e na região central de transição entre os continentes europeu e asiático. Numa região a este da Rússia também se verificou um consumo pontual elevado de rapinas noturnas. No norte e centro asiáticos a percentagem consumida desse grupo foi bastante inferior, assim como pontualmente ao longo de toda a Europa (especialmente no norte) e em certas regiões do Médio Oriente, tal como se pode observar na figura 42.



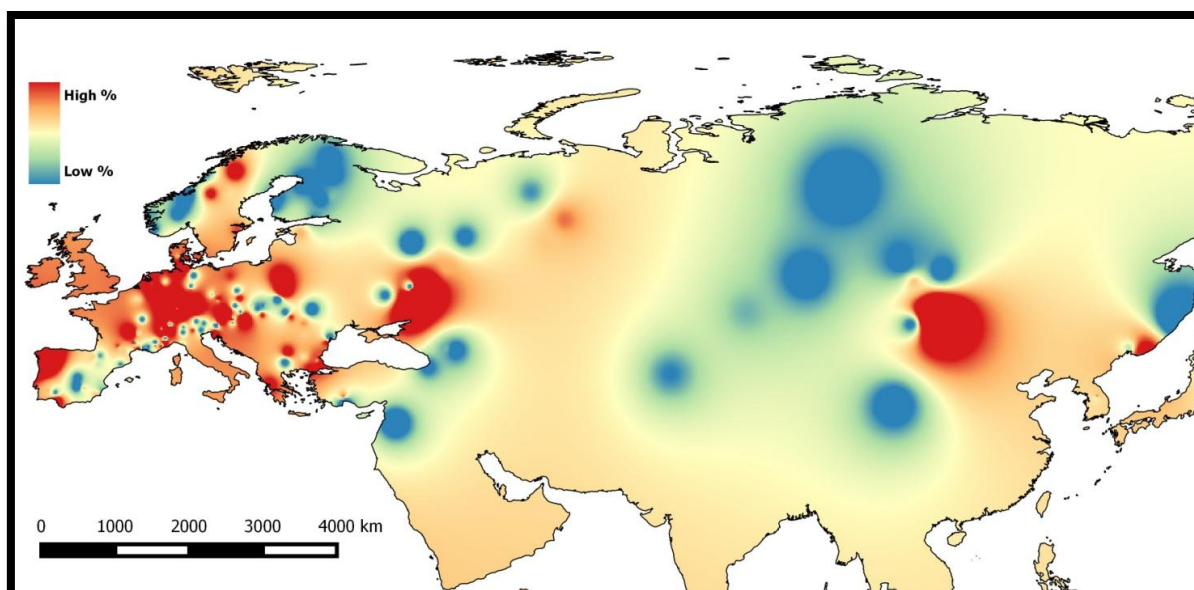
**Figura 42:** Mapa representativo da variação estimada da percentagem de aves de rapina noturnas na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo. A vermelho estão representadas as regiões onde a percentagem de rapinas noturnas consumidos é mais elevada e a azul onde é mais reduzida.

De acordo com os resultados da figura 43, uma maior percentagem de corvídeos foi consumida na Europa central e no extremo leste da Rússia. Também foi pontualmente elevada no Cáucaso e na região este da Rússia. A percentagem de corvídeos na dieta foi mais reduzida a este da Península Ibérica, na Escandinávia e de norte a sul na Ásia.

Verificou-se a existência de uma elevada percentagem de superpredação por toda a Europa, mas também pontualmente no leste asiático, tal como pode ser observado na figura 44. No entanto, a superpredação foi mais reduzida na região norte e centro da Ásia, bem como no nordeste asiático.

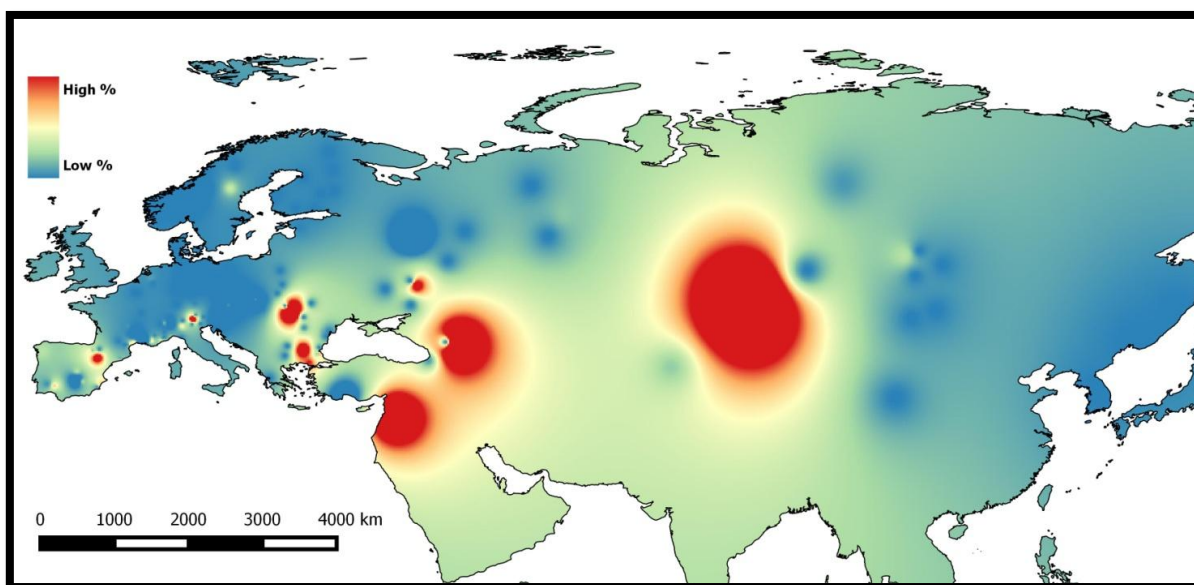


**Figura 43:** Mapa representativo da variação estimada da percentagem de corvídeos na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo. A vermelho estão representadas as regiões onde a percentagem de corvídeos é mais elevada e a azul onde é mais reduzida.



**Figura 44:** Mapa representativo da variação estimada da percentagem de superpredação na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo. A vermelho estão representadas as regiões onde a percentagem de superpredação é mais elevada e a azul onde é mais reduzida.

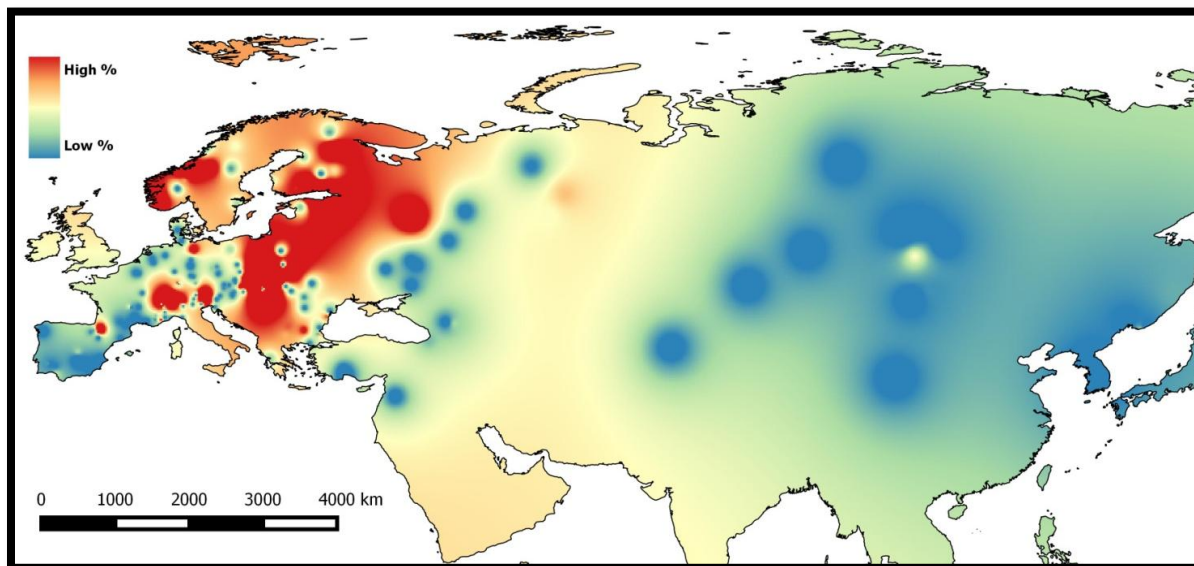
Com base na figura 45, verificou-se que, de um modo geral, a percentagem de répteis consumidos pelo bufo-real foi bastante reduzida, à exceção de algumas regiões pontuais no Médio Oriente, na região da Rússia europeia, no Cáucaso e, principalmente, no centro asiático.



**Figura 45:** Mapa representativo da variação estimada da percentagem de répteis na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo. A vermelho estão representadas as regiões onde a percentagem de répteis é mais elevada e a azul onde é mais reduzida.

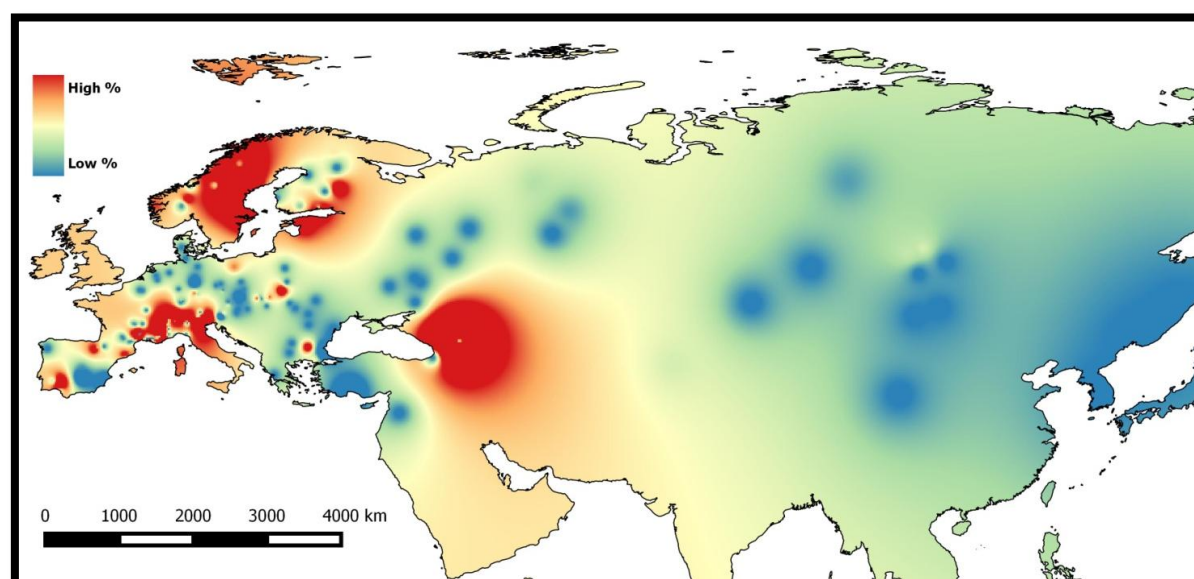


No caso dos anfíbios, este grupo foi particularmente consumido entre o norte e o leste europeus, verificando-se também alguns casos pontuais na Europa Central e junto aos Pirenéus. Na grande maioria do continente asiático, a percentagem de anfíbios consumidos foi bastante reduzida (figura 46).



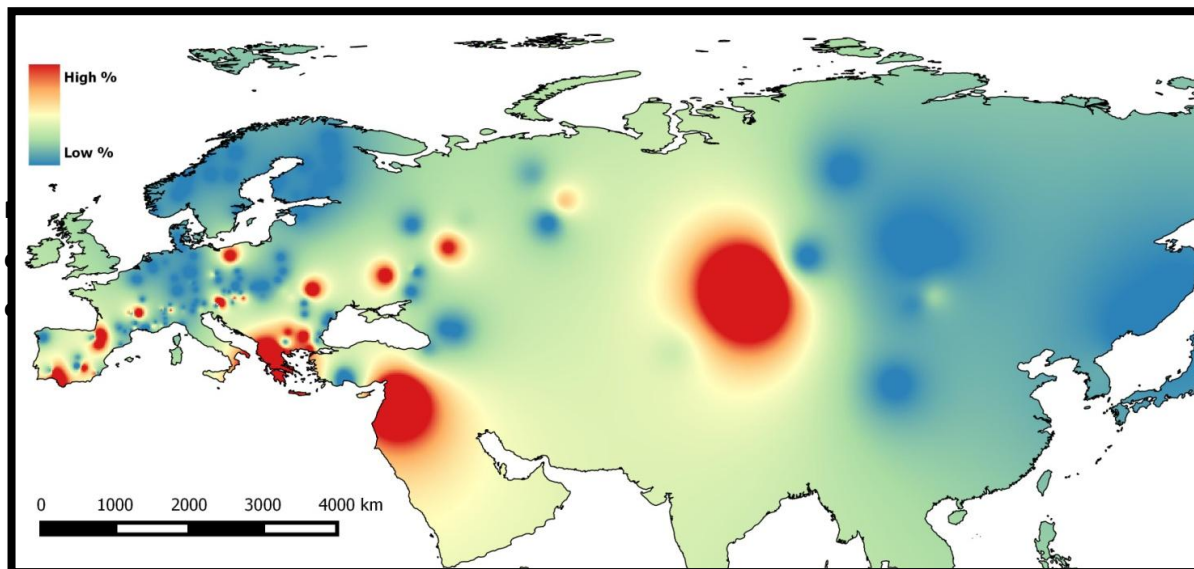
**Figura 46:** Mapa representativo da variação estimada da percentagem de anfíbios na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo. A vermelho estão representadas as regiões onde a percentagem de anfíbios é mais elevada e a azul onde é mais reduzida.

Com base nos resultados da figura 47, verificou-se um maior consumo de peixe no sul e norte da Europa, bem como no Cáucaso. Também se verificaram alguns casos pontuais no sul e nordeste da Península Ibérica. Ao longo do continente asiático, a percentagem de peixes consumida foi bastante reduzida.



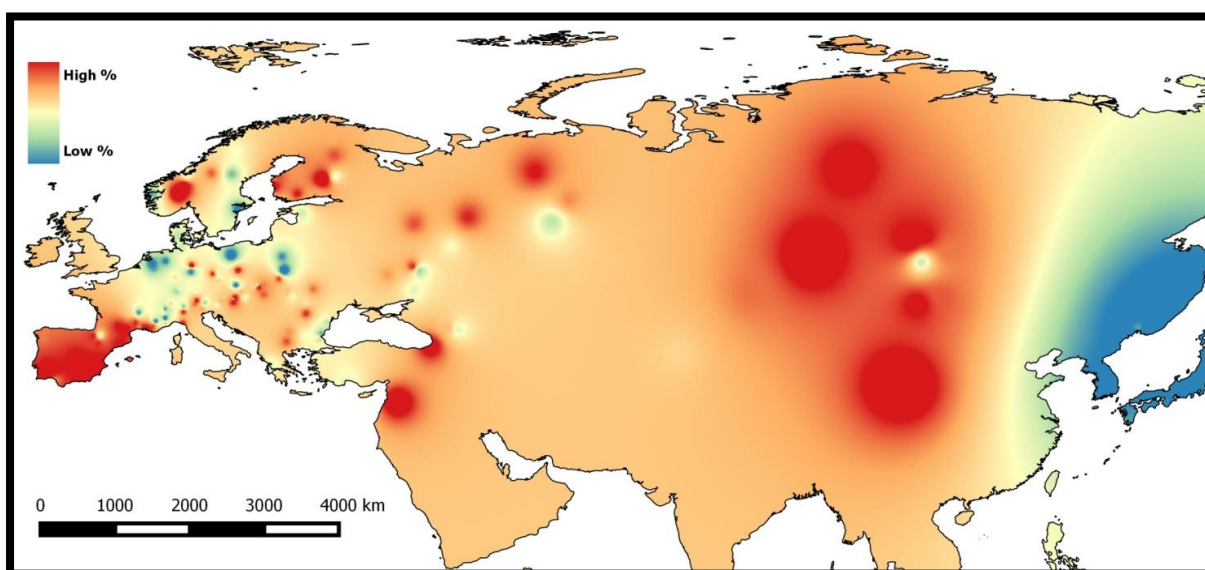
**Figura 47:** Mapa representativo da variação estimada da percentagem de peixes na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo. A vermelho estão representadas as regiões onde a percentagem de peixes é mais elevada e a azul onde é mais reduzida.

Relativamente aos invertebrados, tal como se pode observar na figura 48, o seu consumo foi elevado, pontualmente, no sul e nordeste da Europa (com destaque na Grécia). Destaca-se também o Médio Oriente e uma região restrita no centro asiático onde o consumo foi elevado.



**Figura 48:** Mapa representativo da variação estimada da percentagem de invertebrados na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo. A vermelho estão representadas as regiões onde a percentagem de invertebrados é mais elevada e a azul onde é mais reduzida.

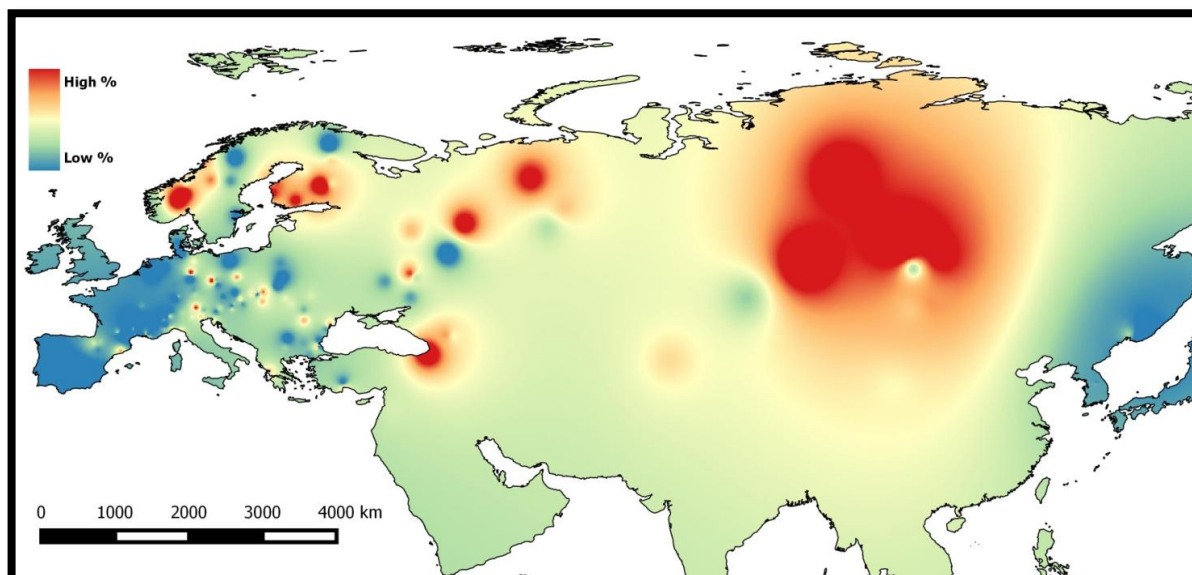
Com base na figura 49, na Península Ibérica e na Ásia central verificou-se uma maior percentagem biomassa de mamíferos presente na dieta do bufo-real. Em contraste, foi inferior no este asiático.



**Figura 49:** Mapa representativo da variação estimada da percentagem de biomassa de mamíferos na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo. A vermelho estão representadas as regiões onde a percentagem de biomassa de mamíferos é mais elevada e a azul onde é mais reduzida.

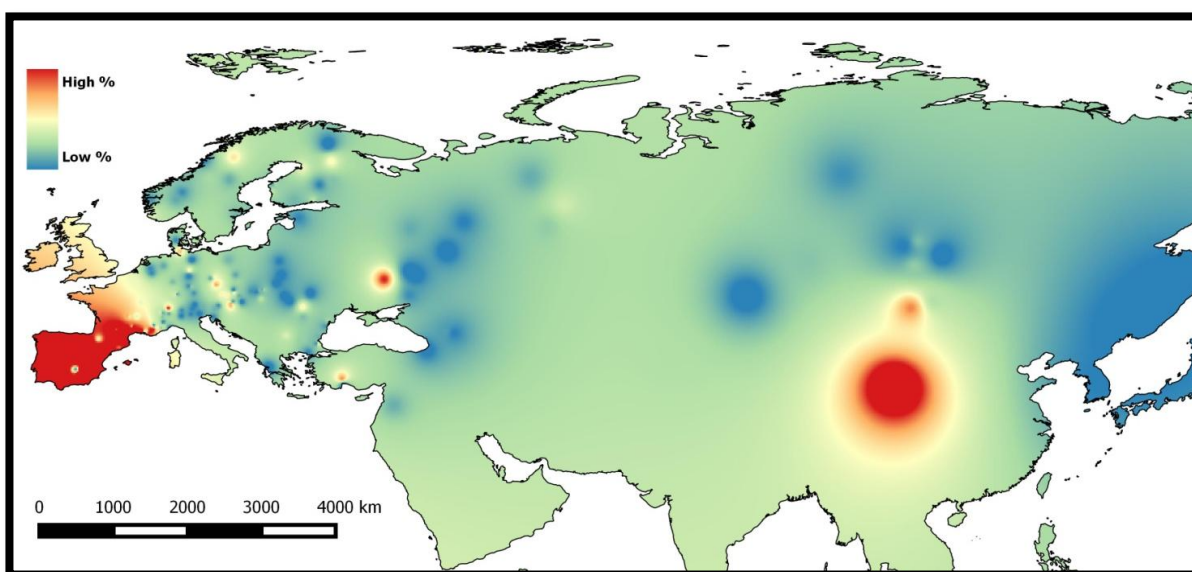


A percentagem de biomassa de roedores presente na dieta do bufo-real foi particularmente elevada entre o centro e o nordeste da Rússia, mas também, embora pontualmente, na Escandinávia, no Cáucaso e no norte da Rússia. Na Península Ibérica, na Europa central e no sudeste da Rússia essa percentagem foi mais reduzida (figura 50).



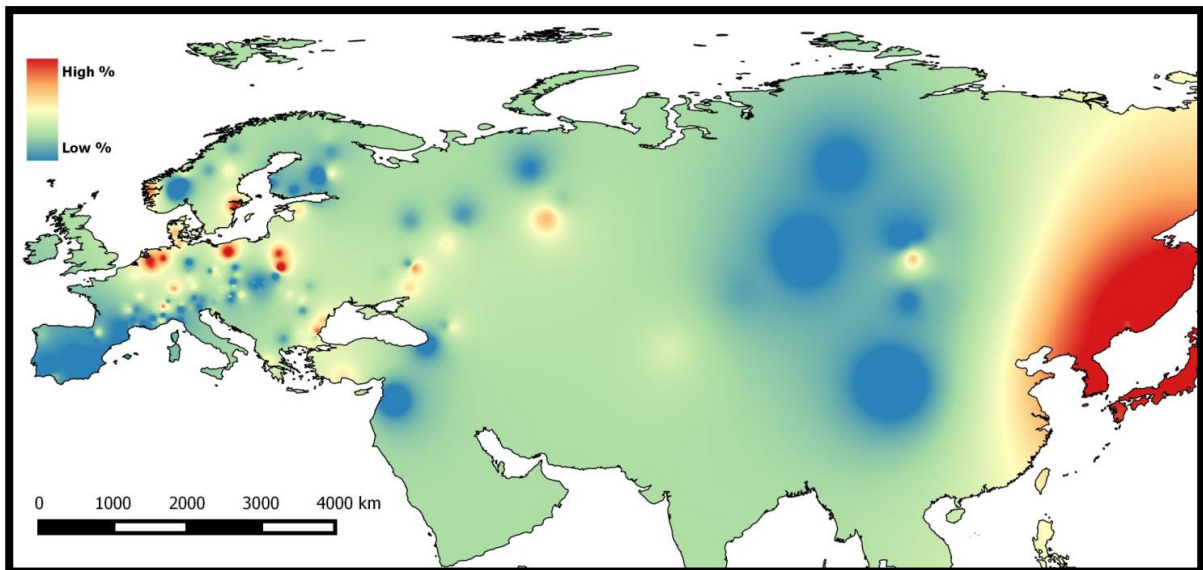
**Figura 50:** Mapa representativo da variação estimada da percentagem de biomassa de roedores na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo. A vermelho estão representadas as regiões onde a percentagem de biomassa de roedores é mais elevada e a azul onde é mais reduzida.

Verificou-se que a percentagem de biomassa de lagomorfos consumidos foi particularmente elevada na Península Ibérica e numa região restrita do sudeste asiático. De um modo geral, a percentagem de biomassa de lagomorfos foi reduzida ao longo de toda a área de estudo (figura 51).



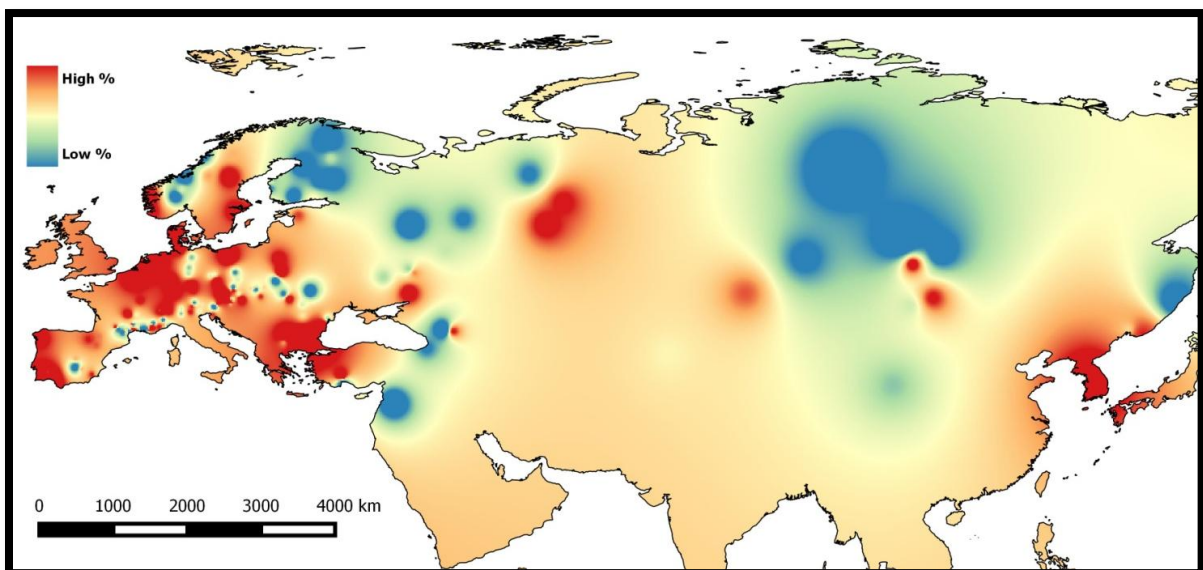
**Figura 51:** Mapa representativo da variação estimada da percentagem de biomassa de lagomorfos na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo. A vermelho estão representadas as regiões onde a percentagem de biomassa de lagomorfos é mais elevada e a azul onde é mais reduzida.

A percentagem de biomassa de aves foi particularmente elevada no leste asiático, mas foi bastante reduzida ao longo da restante área de estudo (em particular na Península Ibérica e na Ásia central), tal como se pode observar na figura 52.



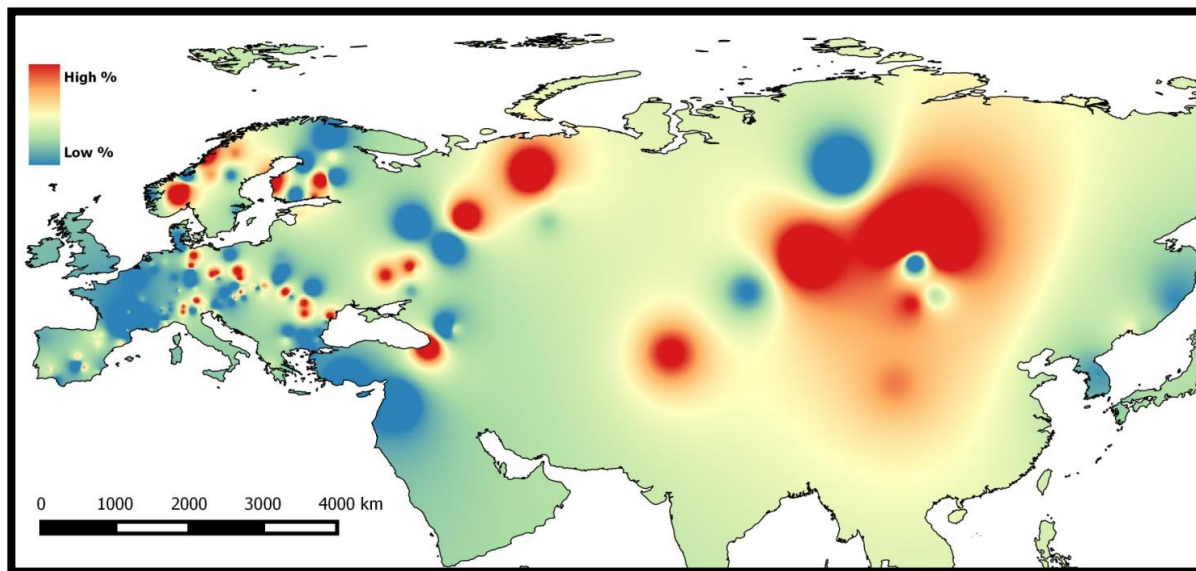
**Figura 52:** Mapa representativo da variação estimada da percentagem de biomassa de aves na dieta do bufo-real ao longo da área de estudo. A vermelho estão representadas as regiões onde a percentagem de biomassa de aves é mais elevada e a azul onde é mais reduzida.

Verificou-se que a diversidade trófica (índice de Shannon) foi particularmente elevada em grande parte da Europa e da Ásia. Porém, foi mais reduzida no nordeste europeu e no norte asiático, bem como pontualmente ao longo do continente europeu (figura 53).



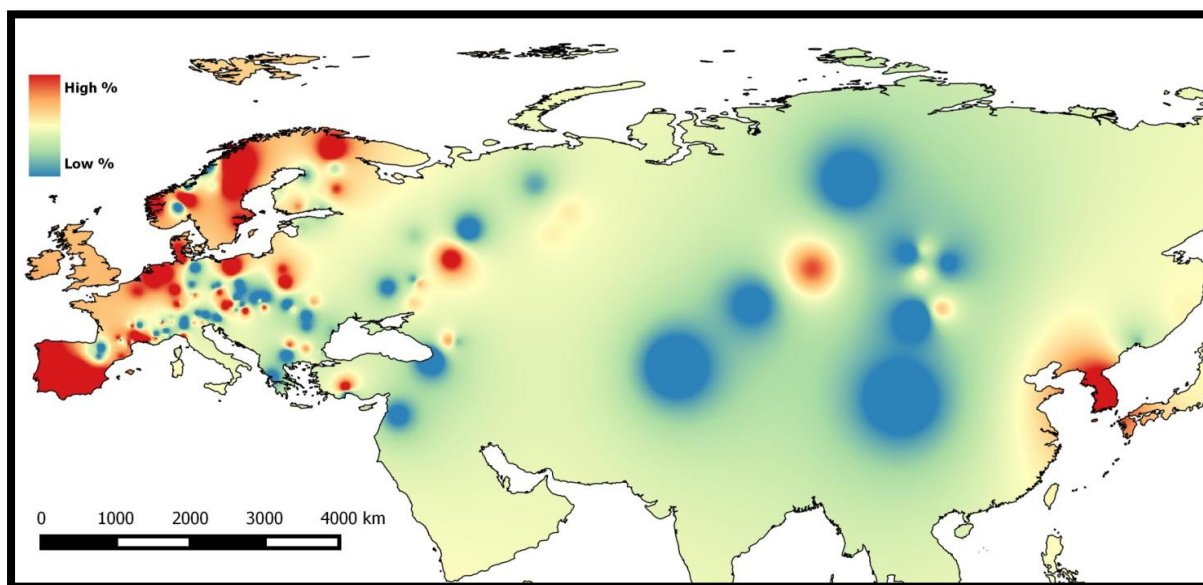
**Figura 53:** Mapa representativo da variação estimada do índice de Shannon ao longo da área de estudo. A vermelho estão representadas as regiões onde o índice de Shannon é mais elevado e a azul onde é mais reduzido.

Por oposição, verificou-se que o índice de Simpson foi elevado em determinadas regiões da Ásia central e do noroeste da Rússia, indicando menor diversidade trófica. Também foi pontualmente elevado no norte e este europeu. No entanto, foi mais reduzido (maior diversidade trófica) na Península Ibérica e a oeste da Europa (figura 54).



**Figura 54:** Mapa representativo da variação estimada do índice de Simpson ao longo da área de estudo. A vermelho estão representadas as regiões onde o índice de Simpson é mais elevado e a azul onde é mais reduzido.

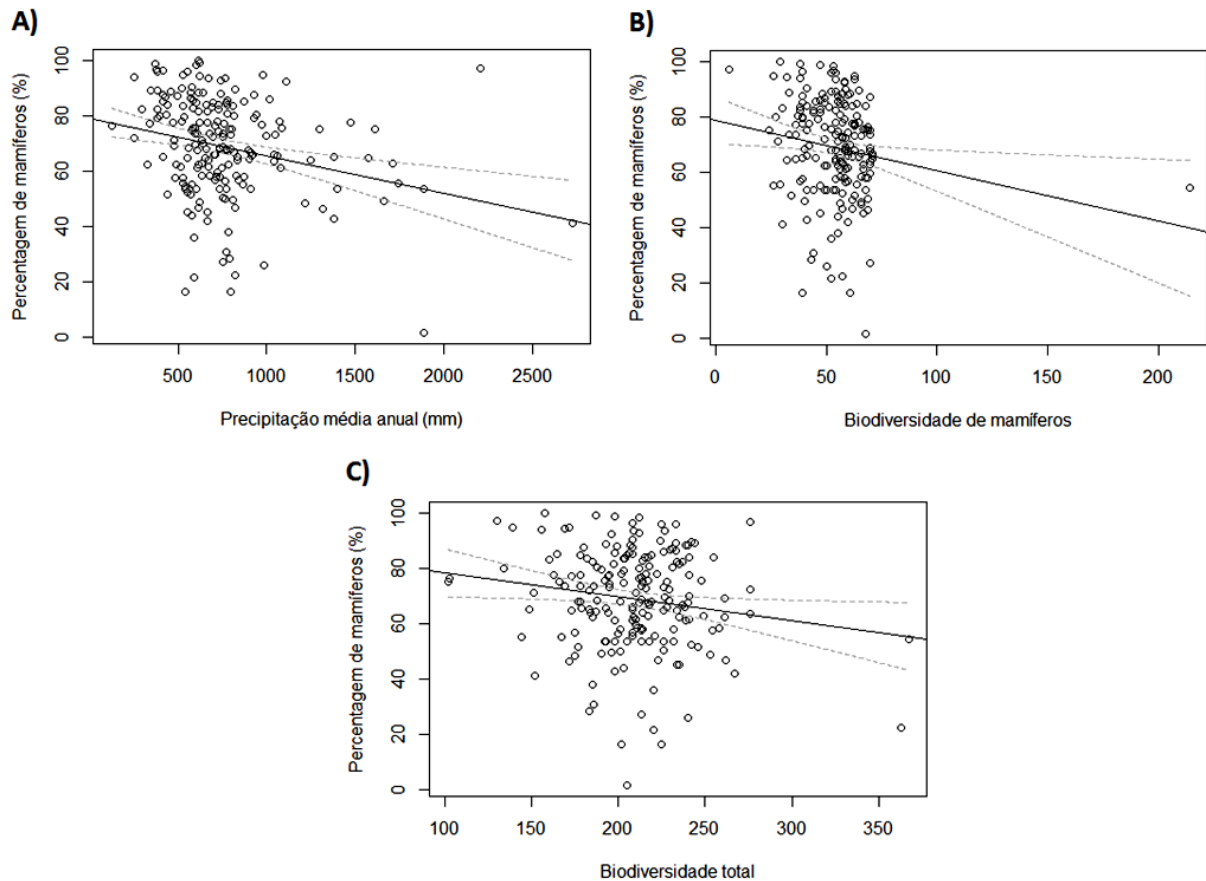
Com base na figura 55, verificou-se que o peso médio das presas foi mais elevado na Europa, particularmente na Península Ibérica e no norte europeu, mas também na Coreia do Sul. Na restante área de estudo o peso médio das presas foi bastante mais reduzido.



**Figura 55:** Mapa representativo da variação estimada do peso médio das presas ao longo da área de estudo. A vermelho estão representadas as regiões onde o peso médio das presas é mais elevado e a azul onde é mais reduzido.

### 3.2. Análise univariada das variáveis explicativas

A percentagem de mamíferos foi influenciada significativamente pela precipitação ( $\beta = -0,0002$ ;  $SE = 0,00004$ ;  $t = -3,71$ ;  $P < 0,001$ ), pela biodiversidade de mamíferos ( $\beta = -0,00241$ ;  $SE = 0,001$ ;  $t = -2,633$ ;  $P = 0,009$ ) e pela biodiversidade total ( $\beta = -0,001$ ;  $SE = 0,0005$ ;  $t = -2,256$ ;  $P = 0,025$ ) e foi tanto menor quanto maiores a precipitação (figura 56A), a biodiversidade de mamíferos (figura 56B) e a biodiversidade total (figura 56C).

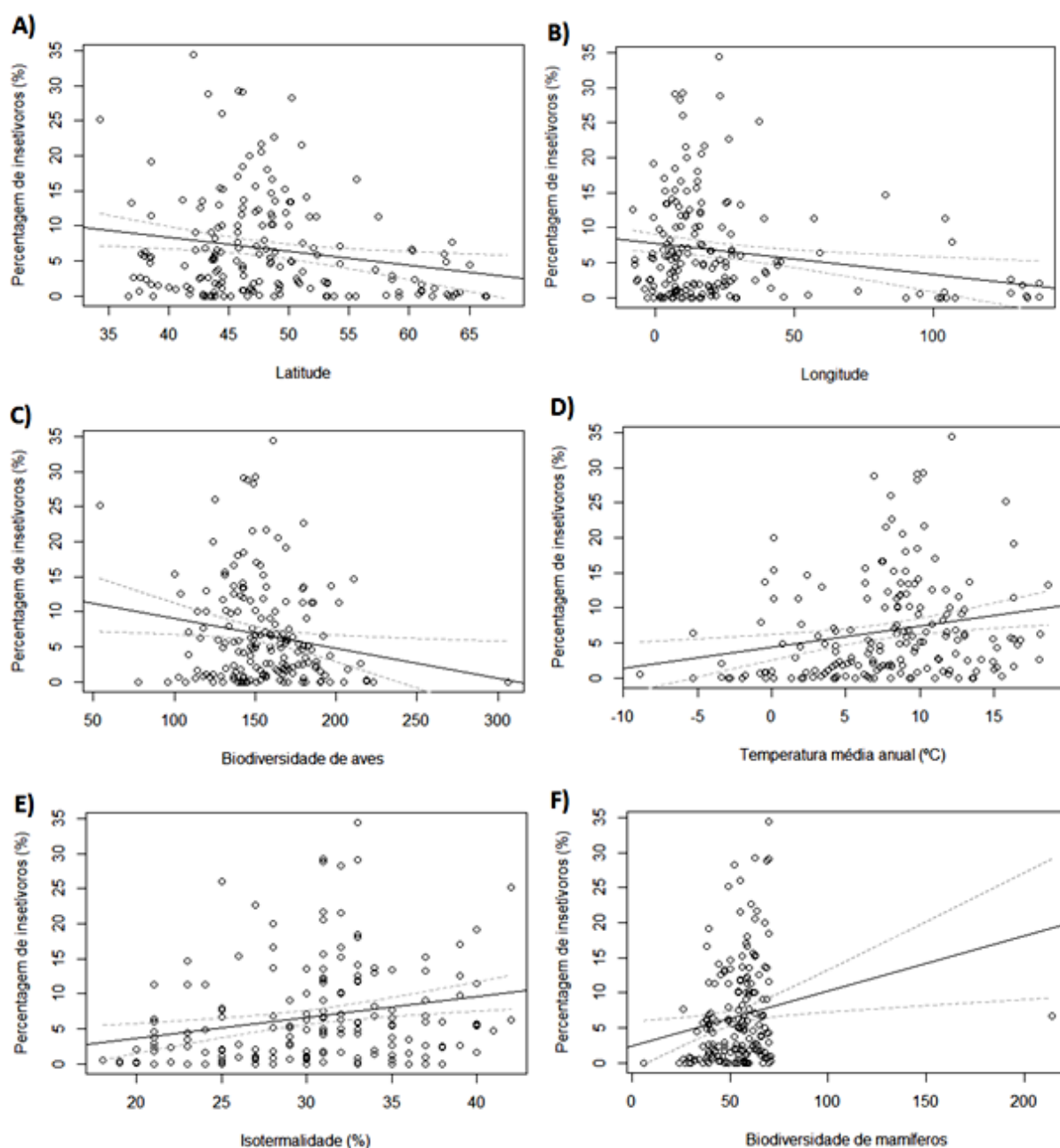


**Figura 56:** Gráficos da relação linear entre a percentagem de mamíferos (%) presente da dieta do bufo-real e (A) a precipitação média anual (mm); (B) a biodiversidade de mamíferos; e (C) a biodiversidade total.

A percentagem de insetívoros foi influenciada significativamente pela latitude ( $\beta = -0,005$ ;  $SE = 0,002$ ;  $t = -3,104$ ;  $P = 0,002$ ), pela longitude ( $\beta = -0,031$ ;  $SE = 0,011$ ;  $t = -2,671$ ;  $P = 0,008$ ), pela biodiversidade de aves ( $\beta = -0,001$ ;  $SE = 0,0004$ ;  $t = -2,22$ ;  $P = 0,03$ ), pela temperatura ( $\beta = 0,008$ ;  $SE = 0,002$ ;  $t = 3,951$ ;  $P < 0,001$ ), pela isothermalidade ( $\beta = 0,007$ ;  $SE = 0,002$ ;  $t = 3,860$ ;  $P < 0,001$ ) e pela biodiversidade de mamíferos ( $\beta = 0,002$ ;  $SE = 0,001$ ;  $t = 2,831$ ;  $P = 0,005$ ). A percentagem de insetívoros presentes na dieta era tanto menor quanto maiores a latitude e a longitude (figura 57A e 57B) e quanto maior a biodiversidade de aves



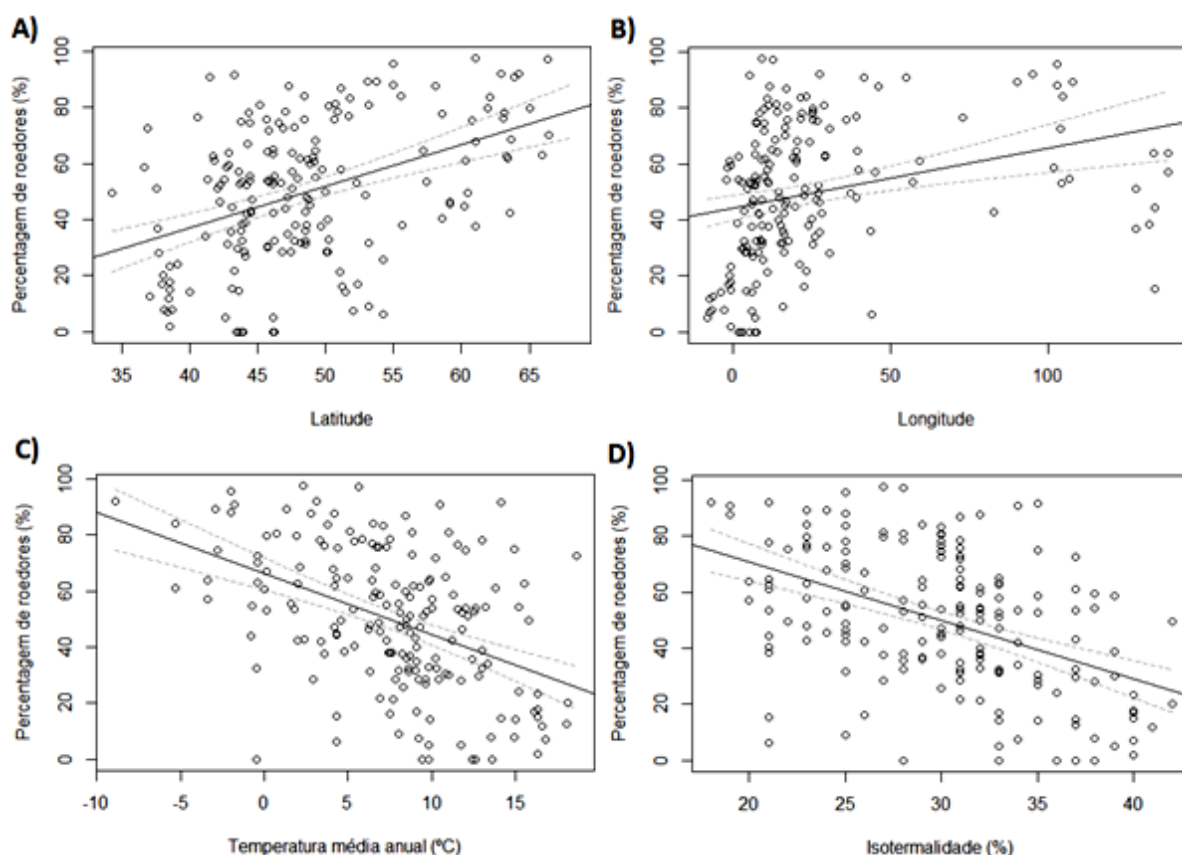
(figura 57C). Por outro lado, era tanto maior quanto maiores a temperatura média anual (figura 57D), a isothermalidade (figura 57E) e a biodiversidade de mamíferos (figura 57F).



**Figura 57:** Gráficos da relação linear entre a percentagem de insetívoros (%) presente na dieta do bufo-real e (A) a latitude, (B) a longitude, (C) a temperatura média anual (°C), (D) a isothermalidade (%), (E) a biodiversidade de aves e (F) a biodiversidade de mamíferos.

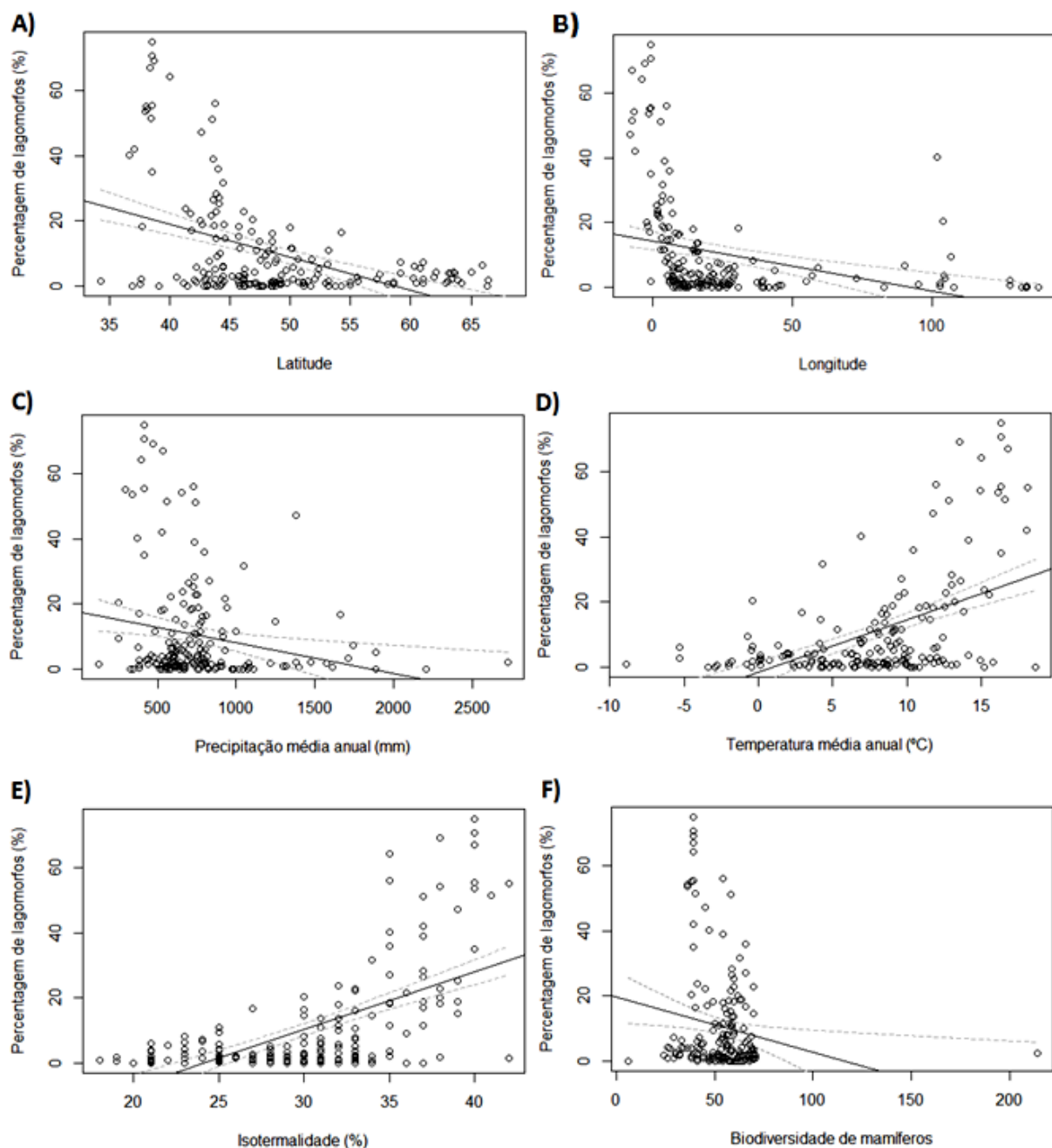
Verificou-se que a percentagem de roedores foi influenciada significativamente pela latitude ( $\beta = 0,018$ ; SE = 0,003;  $t = 6,287$ ;  $P < 0,001$ ), longitude ( $\beta = 0,157$ ; SE = 0,023;  $t = 6,734$ ;  $P < 0,001$ ), temperatura ( $\beta = -0,025$ ; SE = 0,004;  $t = -6,592$ ;  $P < 0,001$ ) e isothermalidade ( $\beta = -0,025$ ; SE = 0,004;  $t = -6,963$ ;  $P < 0,001$ ). Quanto maiores eram a

latitude e a longitude (figuras 58A e 58B) maior era a percentagem de roedores consumidos. No entanto, em regiões onde a temperatura média anual (figura 58C) e a isothermalidade (figura 58D) são mais elevadas, verificou-se um menor consumo de roedores.



**Figura 58:** Gráficos da relação linear entre a percentagem de roedores (%) presente na dieta do bufo-real e (A) a latitude, (B) a longitude, (C) a temperatura média anual (°C) e a (D) isothermalidade (%).

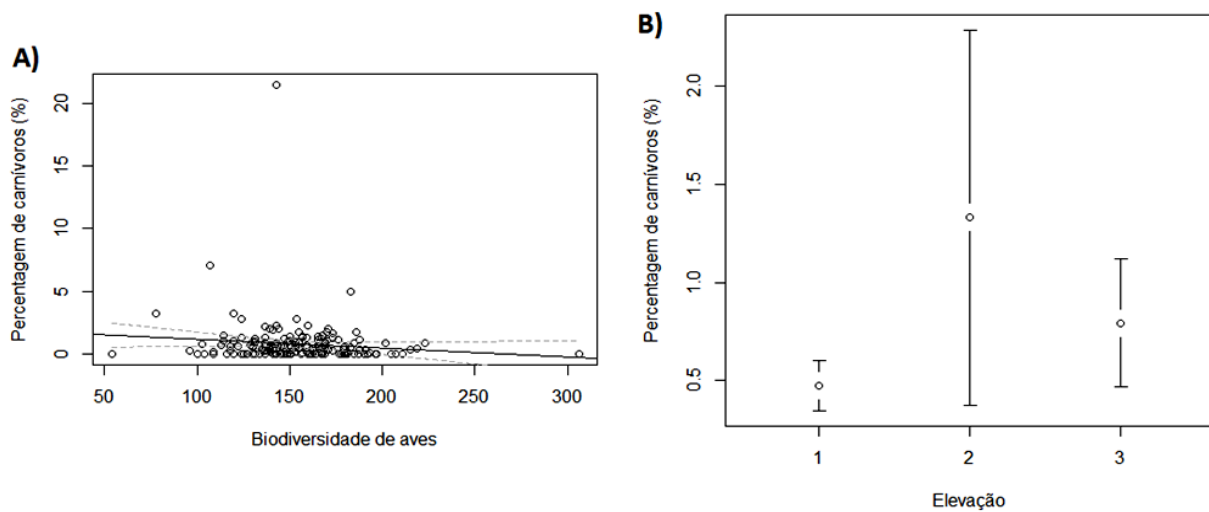
No caso dos lagomorfos, a percentagem consumida foi significativamente influenciada pela latitude ( $\beta = -0,014$ ; SE = 0,002;  $t = -6,069$ ;  $P < 0,001$ ), pela longitude ( $\beta = -0,175$ ; SE = 0,016;  $t = -10,74$ ;  $P < 0,001$ ), pela precipitação ( $\beta = -0,0001$ ; SE =  $< 0,001$ ;  $t = -2,864$ ;  $P = 0,005$ ), pela temperatura ( $\beta = 0,023$ ; SE = 0,003;  $t = 7,864$ ;  $P < 0,001$ ), pela isothermalidade ( $\beta = 0,027$ ; SE = 0,002;  $t = 10,637$ ;  $P < 0,001$ ) e ainda pela biodiversidade de mamíferos ( $\beta = -0,002$ ; SE = 0,001;  $t = -2,095$ ;  $P = 0,038$ ). A percentagem de lagomorfos era tanto menor quanto maiores a latitude e a longitude (figuras 59A e 59B), mas também quanto maior o volume de precipitação média anual (figura 59C). Porém, temperatura e isothermalidade (figuras 59D e 59E) mais elevadas contribuíram para um maior consumo de lagomorfos. A percentagem de lagomorfos na dieta do bufo-real também diminui com o aumento da biodiversidade de mamíferos (figura 59F).



**Figura 59:** Gráficos da relação linear entre a percentagem de lagomorfos (%) presente na dieta do bufo-real e (A) a latitude, (B) a longitude, (C) a precipitação média anual (mm), (D) a temperatura média anual (°C), (E) a isothermalidade (%) e (F) a biodiversidade de mamíferos.

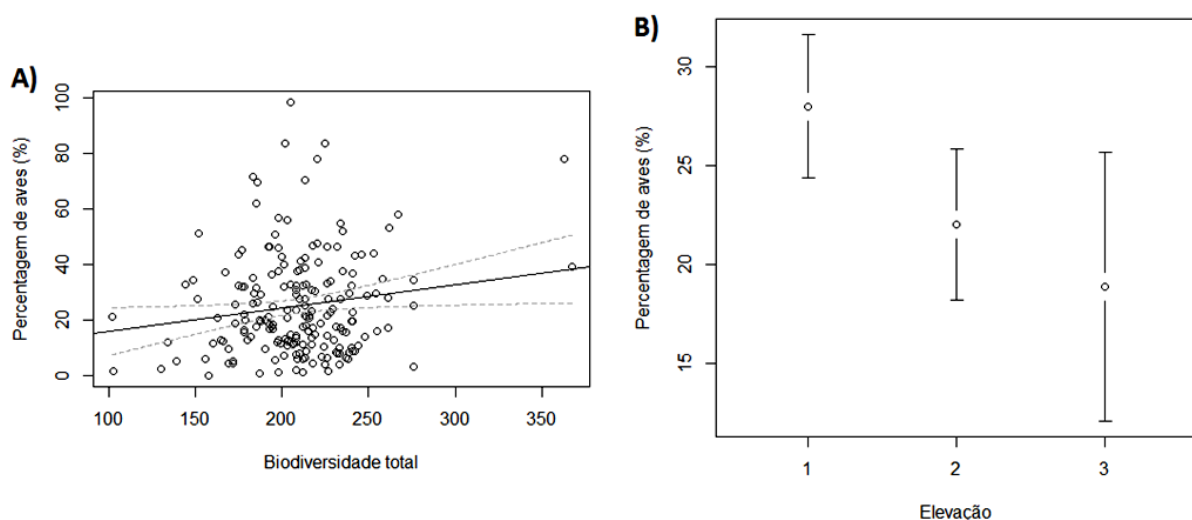
A percentagem de carnívoros foi significativamente influenciada pela biodiversidade de aves ( $\beta = -0,0004$ ;  $SE = 0,0002$ ;  $t = -2,254$ ;  $P = 0,025$ ) e pela elevação ( $\beta = 0,033$ ;  $SE = 0,011$ ;  $t = 2,817$ ;  $P = 0,005$ ). O consumo de carnívoros foi tanto menor quanto maiores a biodiversidade de aves (figura 60A) e a elevação. Com base na ANOVA verificou-se que existia uma diferença significativa da percentagem de carnívoros entre diferentes classes de altitude ( $F = 4,484$ ;  $P = 0,013$ ), tendo-se verificado, pelo teste de Tukey, que essas diferenças

eram significativas entre as classes 0 a 500 m e 500 a 1000 m de altitude ( $P = 0,015$ ) (figura 60B).



**Figura 60:** (A) Gráfico da relação linear entre a percentagem de carnívoros (%) presente na dieta do bufo-real e a biodiversidade de aves; (B) Gráfico da relação entre a percentagem de carnívoros (%) e as diferentes classes de altitude. Legenda: 1 – 0 a 500m; 2- 500 a 1000m; 3 – 1000 a 2500 m.

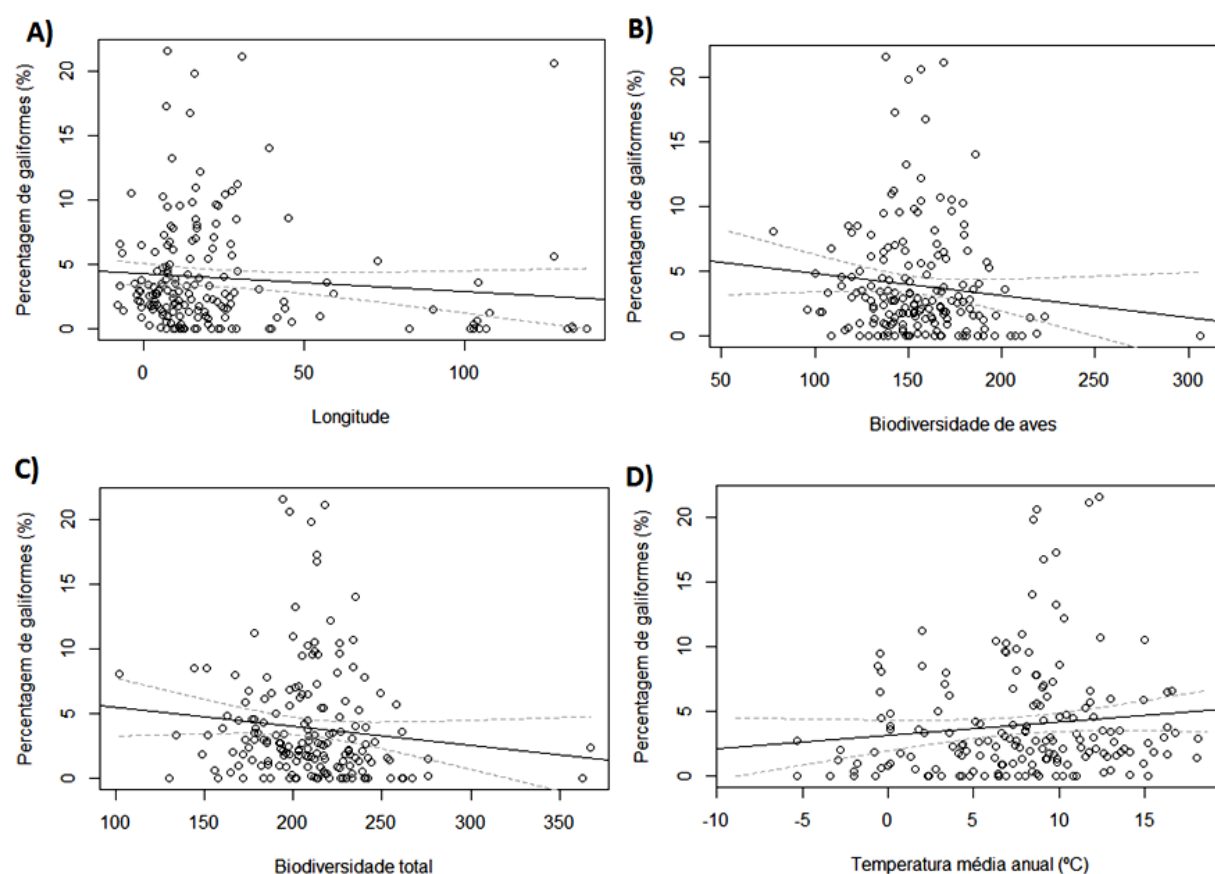
A percentagem de aves foi influenciada significativamente pela biodiversidade total ( $\beta = 0,001$ ;  $SE = 0,0005$ ;  $t = 2,322$ ;  $P = 0,021$ ) e pela elevação ( $\beta = -0,104$ ;  $SE = 0,045$ ;  $t = -2,317$ ;  $P = 0,022$ ). Quanto maior a altitude, menor era a percentagem de aves, mas esta era tanto maior quanto maior a biodiversidade total (figura 61A). Com base na ANOVA confirmou-se a existência de uma diferença significativa entre a percentagem de aves na dieta do bufo-real e a elevação ( $F = 3,467$ ;  $P = 0,033$ ). Contudo, o teste de Tukey não permitiu identificar a significância estatística dessa diferença entre as classes analisadas ( $P > 0,05$ ) (figura 61B).



**Figura 61:** (A) Gráfico da relação linear entre a percentagem de aves (%) presente na dieta do bufo-real e a biodiversidade total; (B) Relação entre a percentagem de aves (%) e as diferentes classes de altitude. Legenda: 1 – 0 a 500m; 2- 500 a 1000m; 3 – 1000 a 2500 m.

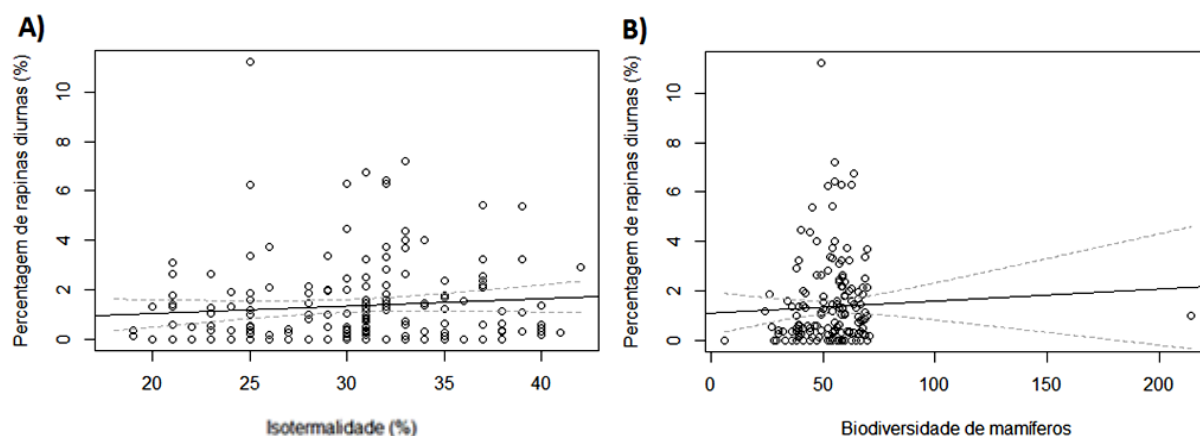


A percentagem de galiformes foi influenciada significativamente pela longitude ( $\beta = -0,022$ ; SE = 0,010;  $t = -2,246$ ;  $P = 0,026$ ), pela temperatura ( $\beta = 0,003$ ; SE = 0,002;  $t = 1,986$ ;  $P = 0,049$ ), pela biodiversidade de aves ( $\beta = -0,001$ ; SE = 0,0003;  $t = -2,361$ ;  $p = 0,019$ ) e pela biodiversidade total ( $\beta = -0,001$ ; SE = 0,0003;  $t = -2,221$ ;  $P = 0,028$ ). Em regiões mais a este (figura 62A) e onde a biodiversidade de aves e a biodiversidade total (figuras 62B e 62C, respetivamente) são superiores, a percentagem de galiformes presente na dieta foi menor. Por outro lado, quanto maior a temperatura (figura 62D), maior era a percentagem de galiformes.



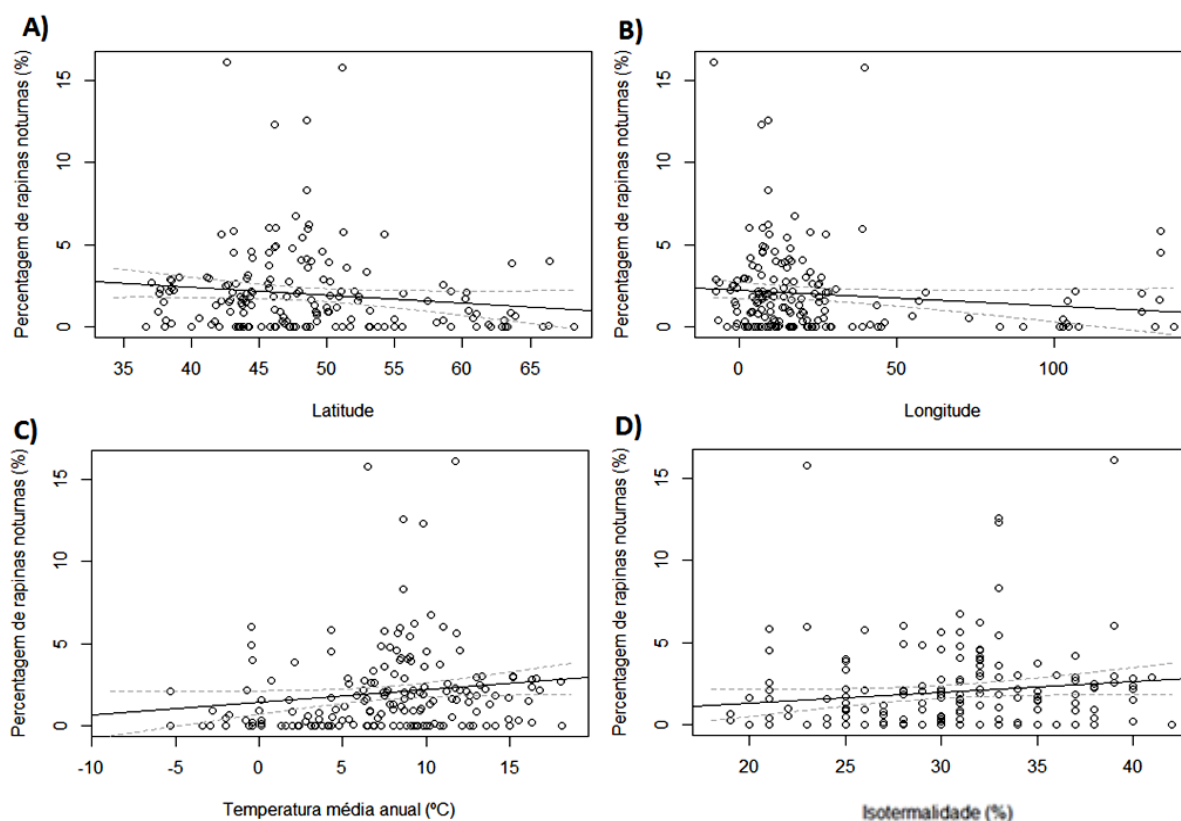
**Figura 62:** Gráficos da relação linear entre a percentagem de galiformes (%) presente na dieta do bufo-real e (A) a longitude, (B) a biodiversidade de aves, (C) a biodiversidade total e (D) a temperatura (°C).

A percentagem de aves de rapina diurnas foi significativamente influenciada pela isothermalidade ( $\beta = 0,004$ ; SE = 0,002;  $t = 2,427$ ;  $P = 0,016$ ) e pela biodiversidade de mamíferos ( $\beta = 0,002$ ; SE = 0,001;  $t = 3,043$ ;  $P = 0,003$ ). Verificou-se um maior consumo de rapinas diurnas com o aumento da isothermalidade (figura 63A) e da riqueza de mamíferos numa dada região (figura 63B).



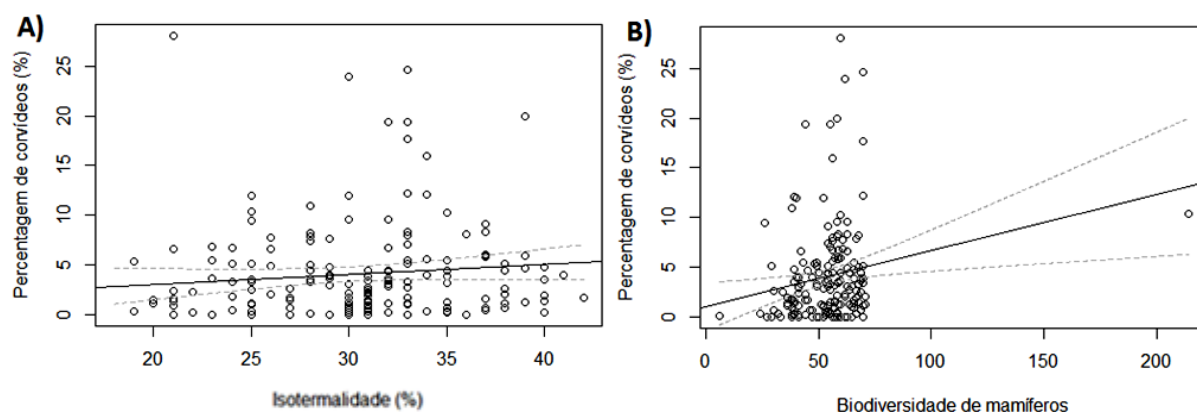
**Figura 63:** Gráficos da relação linear entre a percentagem de rapinas diurnas (%) presente na dieta do bufo-real e (A) a isotermalidade (%) e (B) a biodiversidade de mamíferos.

Relativamente às aves de rapina noturnas, a sua percentagem foi significativamente influenciada pela latitude ( $\beta = -0,002$ ; SE = 0,001;  $t = -2,395$ ;  $P = 0,018$ ) e pela longitude ( $\beta = -0,021$ ; SE = 0,008;  $t = -2,638$ ;  $P = 0,009$ ), tendo-se verificado um maior consumo de rapinas em regiões mais a sul e mais a oeste (figuras 64A e 64B). A temperatura ( $\beta = 0,004$ ; SE = 0,001;  $t = 2,661$ ;  $P = 0,009$ ) e a isotermalidade ( $\beta = 0,003$ ; SE = 0,001;  $t = 2,451$ ;  $P = 0,015$ ) também tiveram uma influência significativa. A percentagem de rapinas noturnas na dieta era tanto maior quanto maiores a temperatura e a isotermalidade (figuras 64C e 64D).



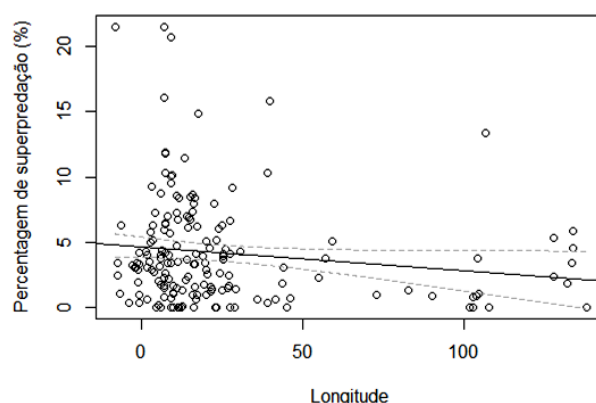
**Figura 64:** Gráficos da relação linear entre a percentagem de aves de rapina noturnas (%) presente na dieta do bufo-real e (A) a latitude, (B) a longitude, (C) a temperatura média anual (°C) e (D) a isotermalidade (%).

A percentagem de corvídeos foi significativamente influenciada pela isothermalidade ( $\beta = 0,004$ ;  $SE = 0,002$ ;  $t = 2,427$ ;  $P = 0,016$ ) e pela biodiversidade de mamíferos ( $\beta = 0,002$ ;  $SE = 0,001$ ;  $t = 3,043$ ;  $P = 0,003$ ). Verificou-se um maior consumo de corvídeos em regiões com uma maior isothermalidade (figura 65A) e uma maior riqueza de mamíferos (figura 65B).



**Figura 65:** Gráficos da relação linear entre a percentagem de corvídeos (%) presente na dieta do bufo-real e (A) a isothermalidade (%) e (B) a biodiversidade de mamíferos.

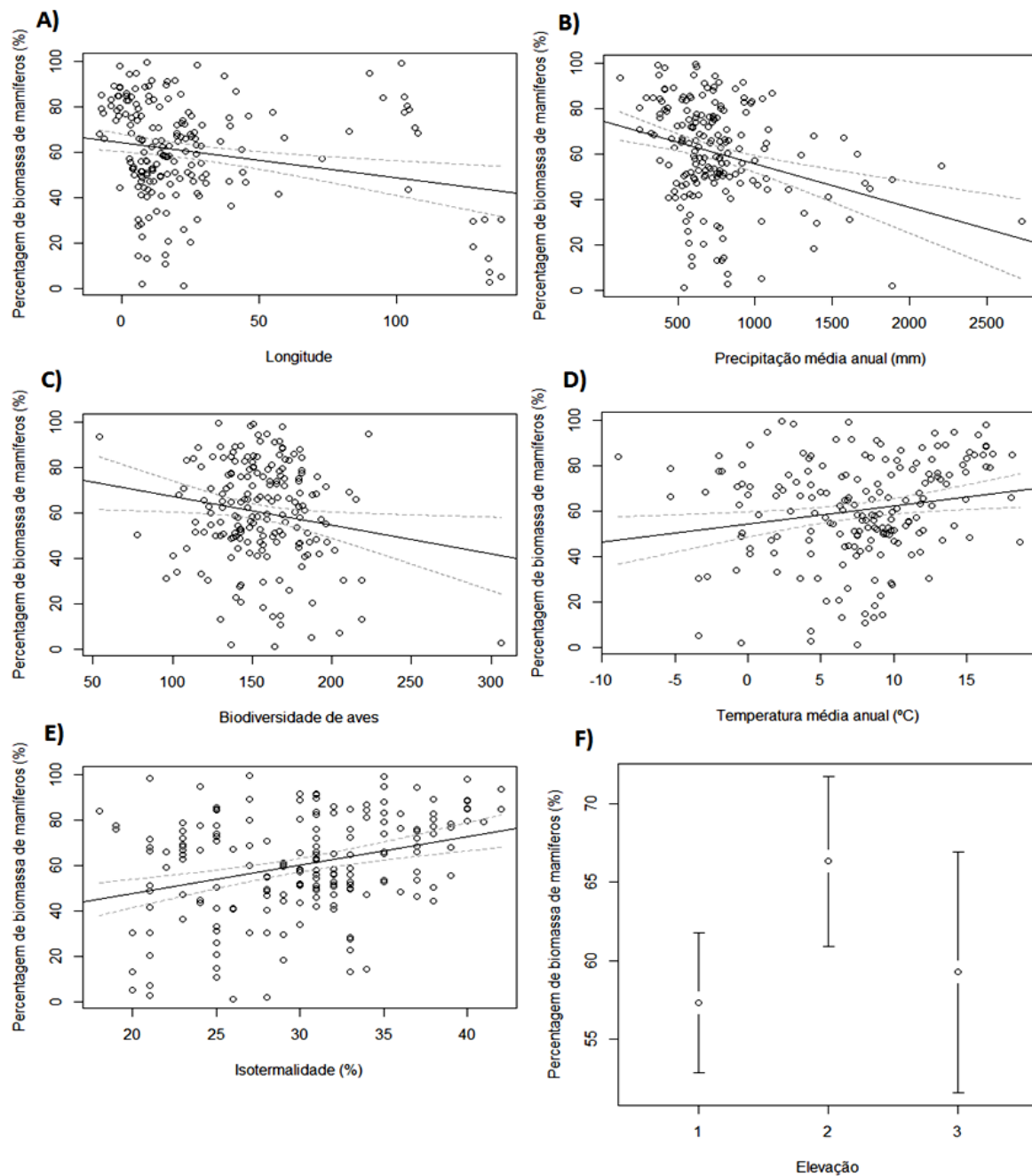
A percentagem de superpredação foi influenciada significativamente apenas pela longitude ( $\beta = -0,022$ ;  $SE = 0,009$ ;  $t = -2,417$ ;  $P = 0,0167$ ), tendo sido inferior em regiões mais a este (figura 66).



**Figura 66:** Gráfico da relação linear entre a percentagem de superpredação (%) e a longitude.

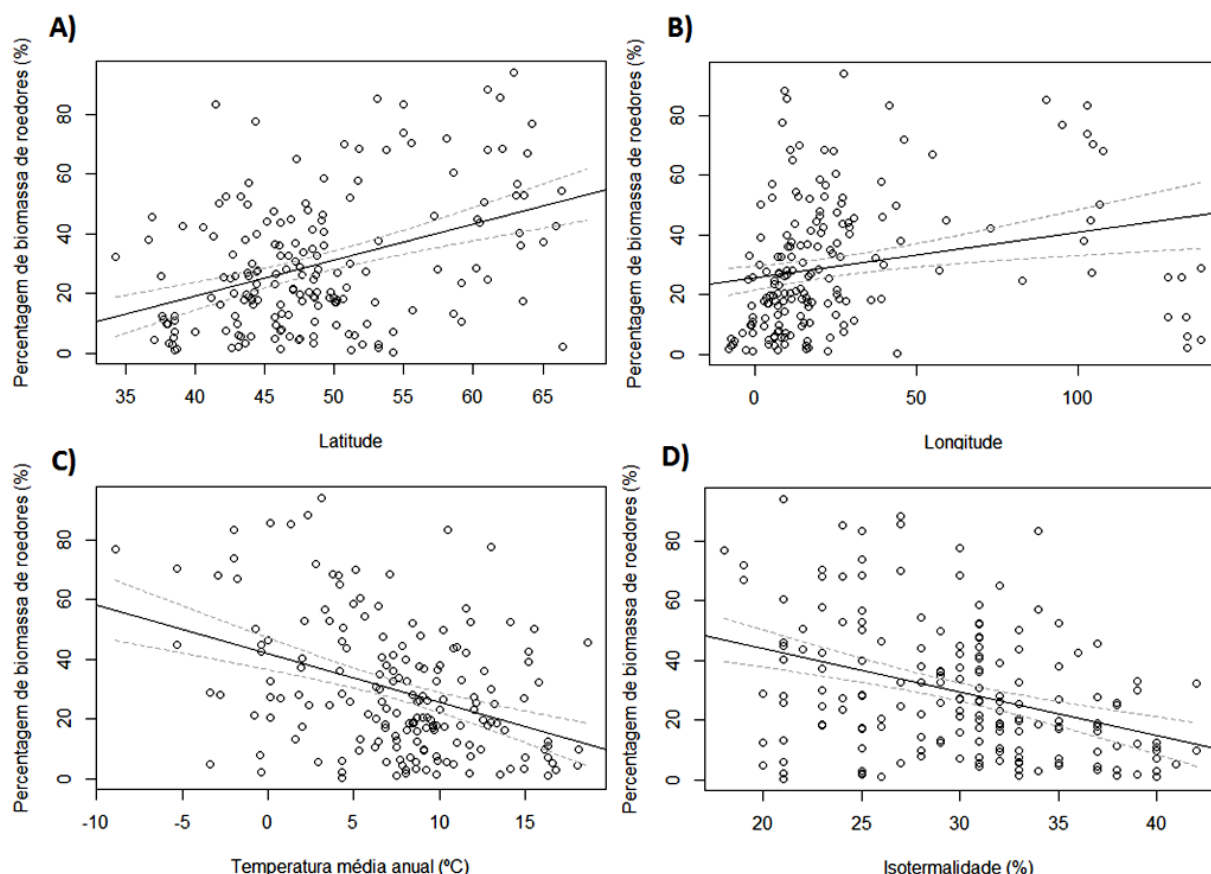
A percentagem de biomassa de mamíferos foi significativamente influenciada pela longitude ( $\beta = -0,075$ ;  $SE = 0,021$ ;  $t = -3,514$ ;  $P = 0,001$ ), pela precipitação ( $\beta = -0,0002$ ;  $SE = 0,00005$ ;  $t = -4,27$ ;  $P < 0,001$ ), pela isothermalidade ( $\beta = 0,014$ ;  $SE = 0,003$ ;  $t = 4,506$ ;  $P < 0,001$ ), pela temperatura ( $\beta = 0,009$ ;  $SE = 0,004$ ;  $t = 2,616$ ;  $P = 0,010$ ), pela elevação ( $\beta = 0,102$ ;  $SE = 0,043$ ;  $t = 2,369$ ;  $P = 0,019$ ) e pela biodiversidade de aves ( $\beta = -0,002$ ;  $SE = 0,001$ ;  $t = -2,408$ ;  $p = 0,017$ ). A percentagem de biomassa de mamíferos era tanto menor quanto

maiores a longitude, a precipitação média anual e a biodiversidade de aves (figuras 67A, 67B e 67C, respetivamente). Porém, quanto maiores eram a temperatura e a isothermalidade, maior era a percentagem de biomassa de mamíferos presente na dieta do bufo-real (figuras 67D E 67E). De acordo com os resultados da ANOVA, não existia uma diferença significativa da percentagem de biomassa entre as diferentes classes de altitude consideradas (figura 67F). Porém, verificou-se a existência de uma tendência para o aumento da percentagem de biomassa de mamíferos na dieta com o aumento da latitude.



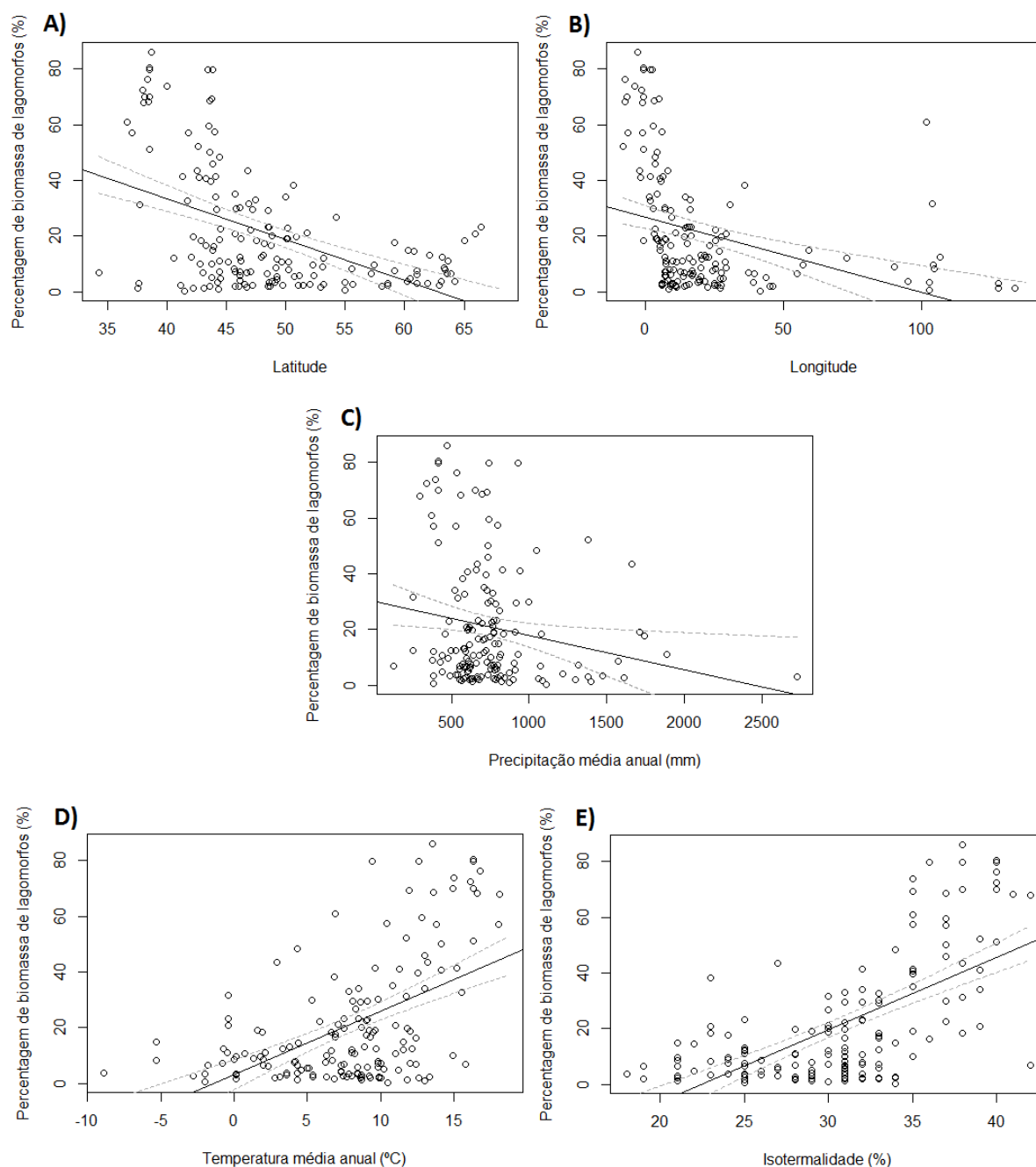
**Figura 67:** Gráficos da relação linear entre a percentagem de biomassa de mamíferos (%) presente na dieta do bufo-real e (A) a longitude, (B) a precipitação média anual (mm), (C) a isothermalidade (%), a temperatura média anual (°C) e (E) a biodiversidade de aves. (F) Gráfico da relação linear entre a percentagem de biomassa de mamíferos (%) e as classes de elevação. Legenda: 1 – 0 a 500m; 2 – 500 – 1000m; 3 – 1000 – 2500m.

Verificou-se que a percentagem de biomassa de roedores foi significativamente influenciada pela latitude ( $\beta = 0,014$ ; SE = 0,003;  $t = 5,498$ ;  $P < 0,001$ ), pela longitude ( $\beta = 0,115$ ; SE = 0,021;  $t = 5,355$ ;  $P < 0,001$ ), pela temperatura ( $\beta = -0,019$ ; SE = 0,004;  $t = -5,35$ ;  $P < 0,001$ ) e pela isothermalidade ( $\beta = -0,017$ ; SE = 0,003;  $t = -5,075$ ;  $P < 0,001$ ). A percentagem de biomassa de roedores presente na dieta era tanto maior quanto maiores a latitude e a longitude (figuras 68A e 68B), mas era tanto menor quanto maiores a temperatura e a isothermalidade (figuras 68C e 68D).



**Figura 68:** Gráficos da relação linear entre a percentagem de biomassa de roedores (%) e (A) a latitude, (B) a longitude, (C) a temperatura média anual (°C) e (D) a isothermalidade (%).

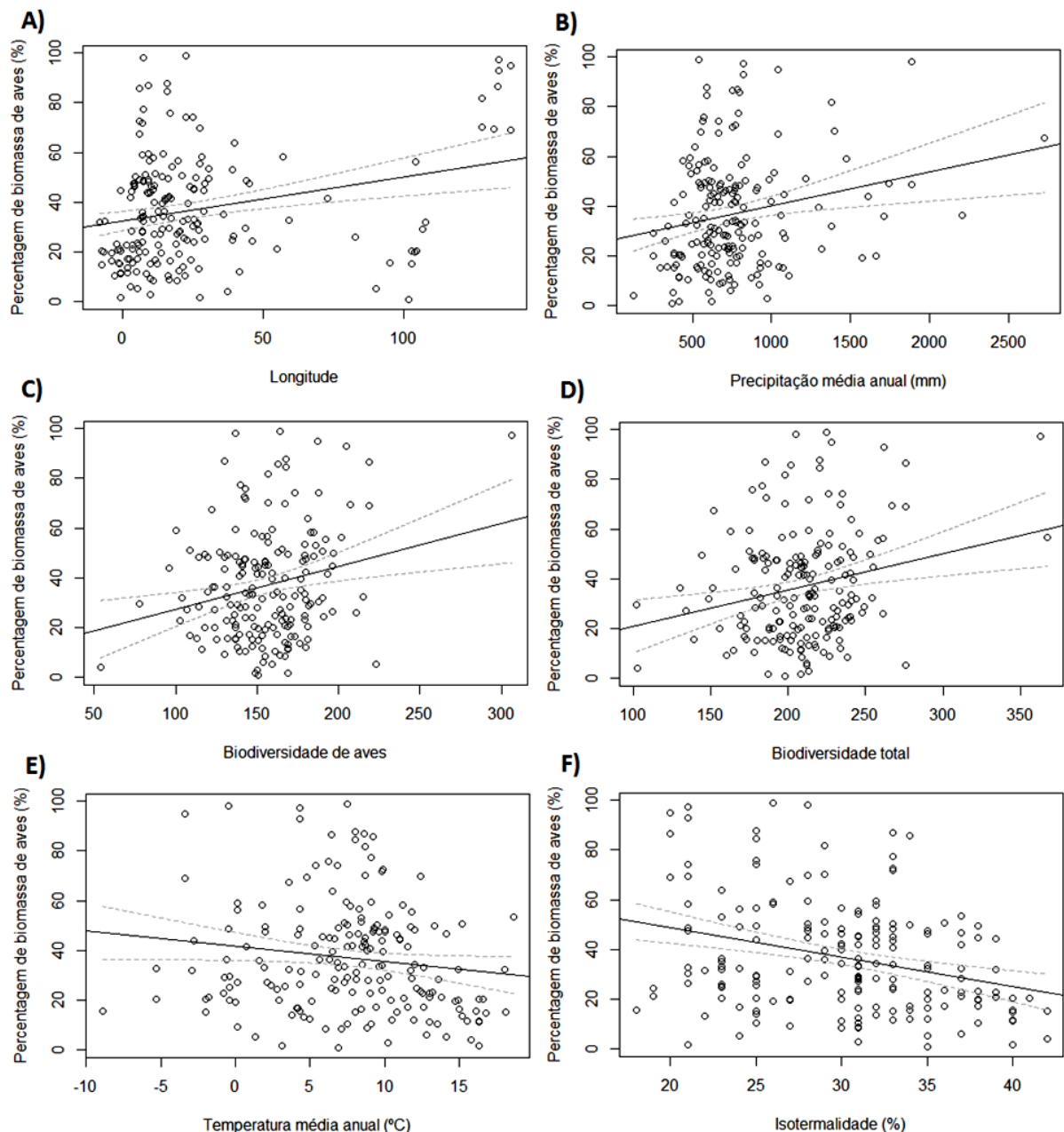
A percentagem de biomassa de lagomorfos foi influenciada significativamente pela latitude ( $\beta = -0,017$ ; SE = 0,003;  $t = -6,576$ ;  $P < 0,001$ ), pela longitude ( $\beta = -0,198$ ; SE = 0,021;  $t = -9,359$ ;  $P < 0,001$ ), pela temperatura ( $\beta = -0,0002$ ; SE = 0,00006;  $t = -2,433$ ;  $p = 0,016$ ), isothermalidade ( $\beta = 0,032$ ; SE = 0,003;  $t = 10,3$ ;  $P < 0,001$ ) e ainda pela precipitação ( $\beta = -0,0002$ ; SE = 0,00006;  $t = -2,433$ ;  $P = 0,016$ ). Verificou-se que a percentagem de biomassa de lagomorfos presente na dieta foi tanto menor quanto maiores a latitude, a longitude e a precipitação média anual (figuras 69A, 69B e 69C, respetivamente). Porém, foi superior com o aumento da temperatura e da isothermalidade (figuras 69D e 69E).



**Figura 69:** Gráficos da relação linear entre a percentagem de biomassa de lagomorfos (%) e (A) a latitude, (B) a longitude, (C) a precipitação média anual (mm), (D) a temperatura média anual e (E) a isotermalidade (%).

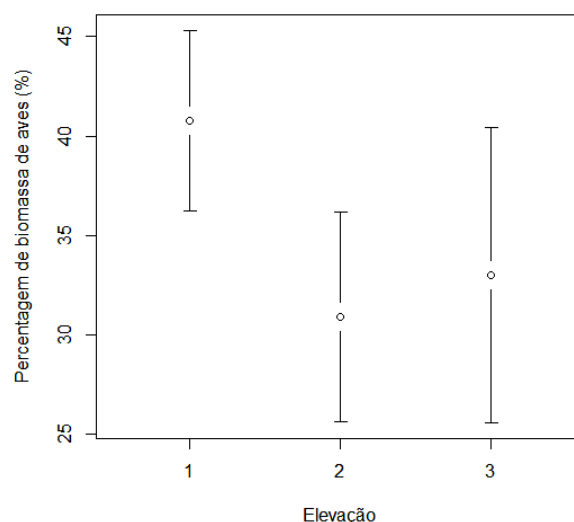
A percentagem da biomassa de aves foi influenciada significativamente pela longitude ( $\beta = 0,076$ ;  $SE = 0,021$ ;  $t = 3,545$ ;  $P < 0,001$ ), pela precipitação ( $\beta = 0,0002$ ;  $SE = 0,00005$ ;  $t = 3,041$ ;  $P = 0,003$ ), pela biodiversidade de aves ( $\beta = 0,002$ ;  $SE = 0,001$ ;  $t = 3,144$ ;  $P = 0,002$ ) e biodiversidade total ( $\beta = 0,002$ ;  $SE = 0,001$ ;  $t = 3,188$ ;  $p = 0,002$ ), mas também pela temperatura ( $\beta = -0,008$ ;  $SE = 0,004$ ;  $t = -2,151$ ;  $P = 0,033$ ), pela isotermalidade ( $\beta = -0,014$ ;  $SE = 0,003$ ;  $t = -4,284$ ;  $P < 0,001$ ) e pela elevação ( $\beta = -0,109$ ;  $SE = 0,043$ ;  $t = -2,521$ ;  $P = 0,013$ ). Verificou-se que a biomassa de aves na dieta do bufo-real era tanto maior quanto

maiores a longitude, a precipitação média anual, a biodiversidade de aves e a biodiversidade total (figuras 70A, 70B, 70C e 70D, respetivamente). Por outro lado, a biomassa de aves era tanto menor quanto maiores a temperatura, a isothermalidade e a altitude (figuras 70E e 70F e figura 71, respetivamente). Mais ainda, com base na ANOVA realizada verificou-se que existia uma diferença significativa da percentagem de biomassa de aves entre diferentes classes de altitude ( $F = 3,632$ ;  $p = 0,028$ ). De acordo com o teste de Tukey, essa diferença era significativa entre a classe dos 0 a 500m e a classe dos 500 a 1000m de altitude ( $P = 0,335$ ).



**Figura 70:** Gráficos da relação linear entre a percentagem de biomassa de aves (%) presente na dieta do bufo-real e (A) a longitude, (B) a precipitação média anual (mm), (C) a biodiversidade de aves, (D) a biodiversidade total, (E) a temperatura média anual (°C) e a isothermalidade (%).

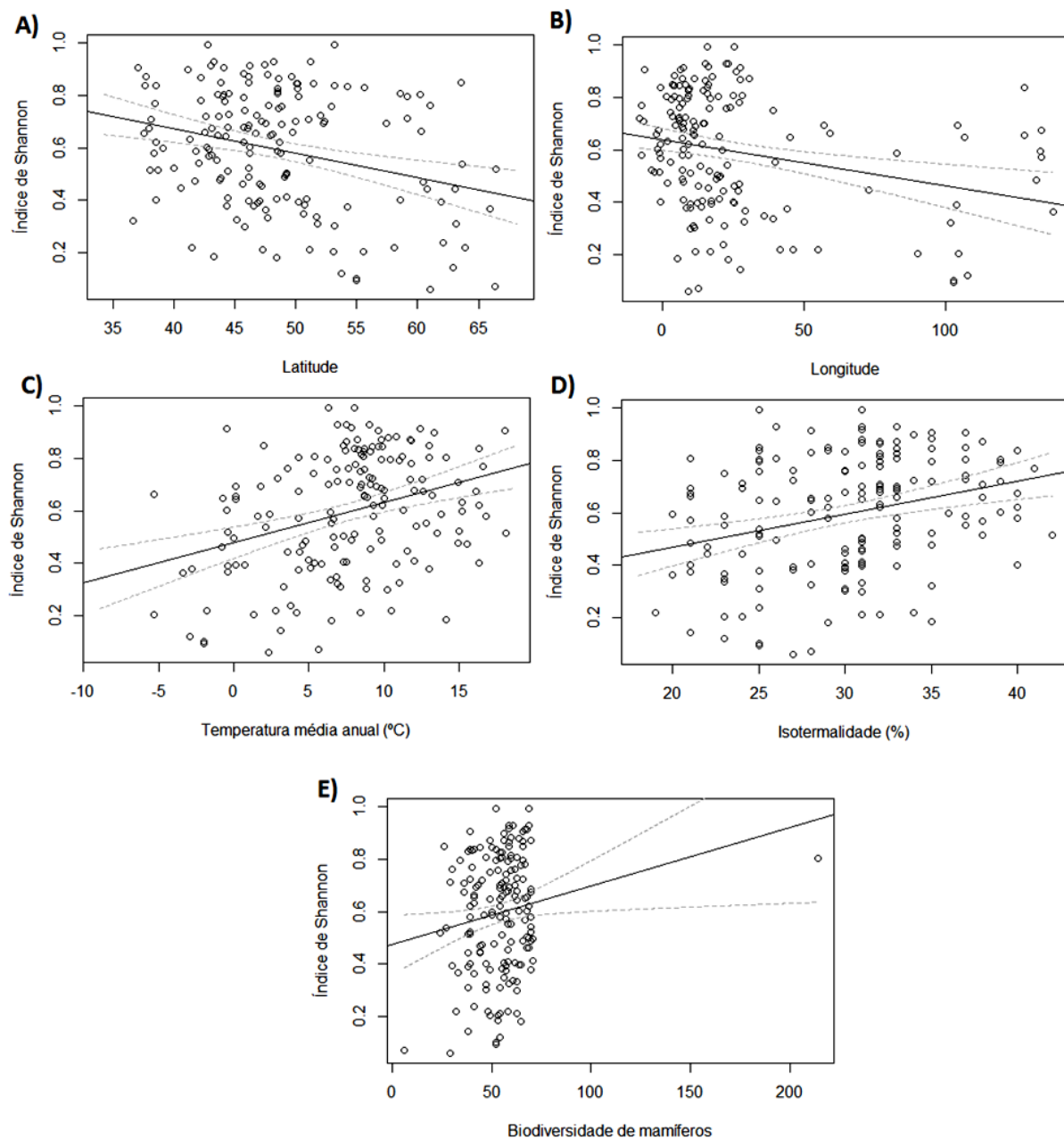




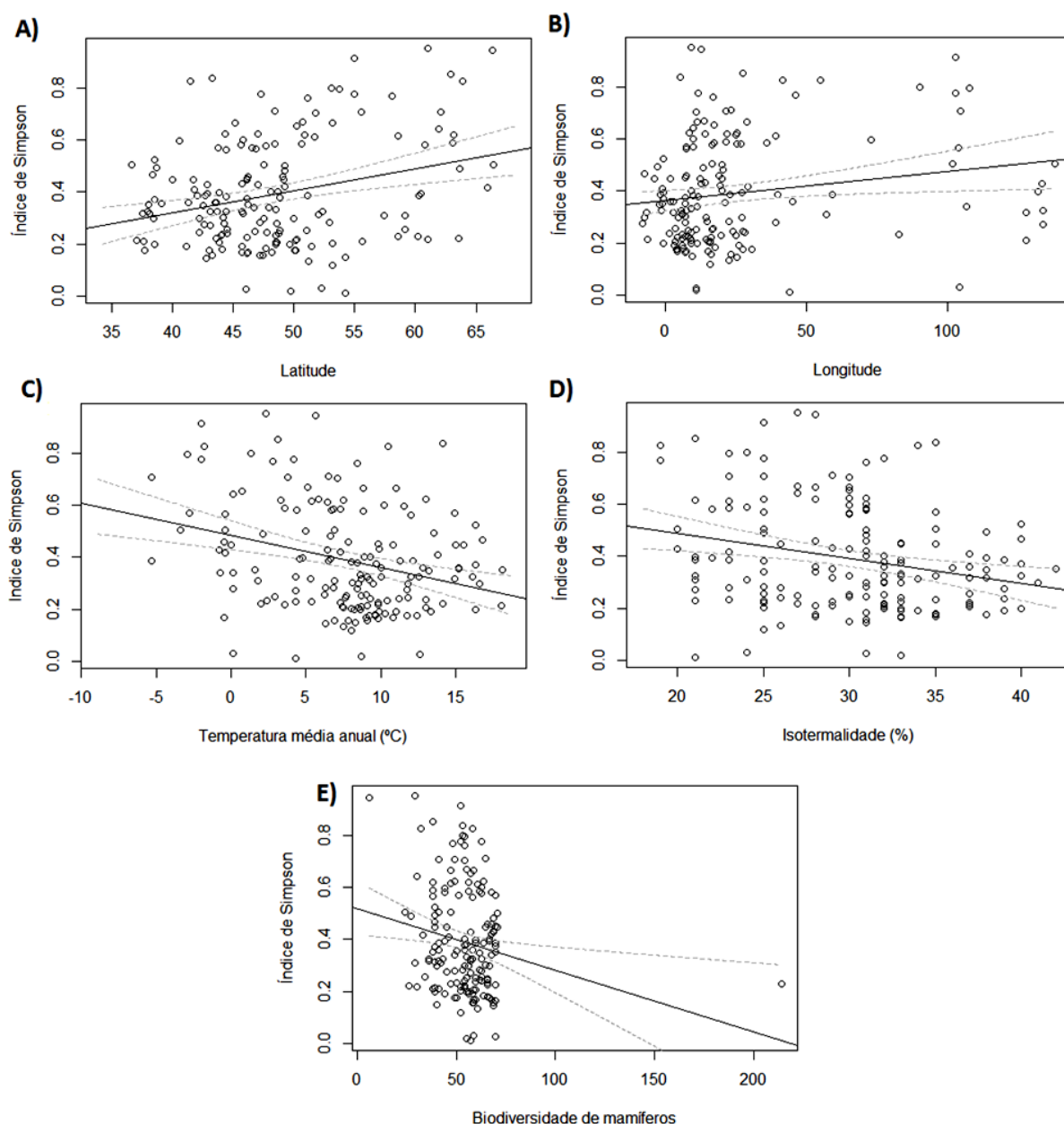
**Figura 71:** Gráfico da relação linear entre a percentagem de biomassa de aves (%) e as classes de elevação. Legenda: 1 – 0 a 500m; 2 – 500 – 1000m; 3 – 1000 – 2500m.

O índice de Shannon foi significativamente influenciado pela latitude ( $\beta = -0,009$ ; SE = 0,002;  $t = -3,762$ ;  $P = 0,0002$ ), pela longitude ( $\beta = -0,072$ ; SE = 0,020;  $t = -3,657$ ;  $P < 0,001$ ), pela temperatura ( $\beta = 0,015$ ; SE = 0,003;  $t = 4,604$ ;  $P < 0,001$ ), pela isothermalidade ( $\beta = 0,013$ ; SE = 0,003;  $t = 4,009$ ;  $P < 0,001$ ) e pela biodiversidade de mamíferos ( $\beta = 0,002$ ; SE = 0,001;  $t = 2,238$ ;  $p = 0,027$ ). O valor do índice de Shannon foi menor em regiões mais a norte e mais a este (figuras 72A e 72B), mas era tanto maior quanto maiores a temperatura, a isothermalidade e a biodiversidade de mamíferos (figuras 72C, 72D e 72E, respetivamente).

Os resultados obtidos para o índice de Simpson foram concordantes com os do índice de Shannon relativamente à diversidade trófica. O índice de Simpson foi influenciado significativamente pela latitude ( $\beta = 0,009$ ; SE = 0,002;  $t = 3,755$ ;  $P < 0,001$ ) e pela longitude ( $\beta = 0,049$ ; SE = 0,018;  $t = 2,676$ ;  $P = 0,008$ ), mas também pela temperatura ( $\beta = -0,012$ ; SE = 0,003;  $t = -3,962$ ;  $P < 0,001$ ), pela isothermalidade ( $\beta = -0,010$ ; SE = 0,003;  $t = -3,267$ ;  $P = 0,001$ ) e pela biodiversidade de mamíferos ( $\beta = -0,002$ ; SE = 0,001;  $t = -2,596$ ;  $P = 0,010$ ). Isto significa que o valor do índice de Simpson era tanto maior quanto maior a latitude e a longitude (figuras 73A e 73B), mas era tanto menor quanto maiores eram a temperatura, a isothermalidade e a biodiversidade de mamíferos (figuras 73C, 73D e 73E, respetivamente).

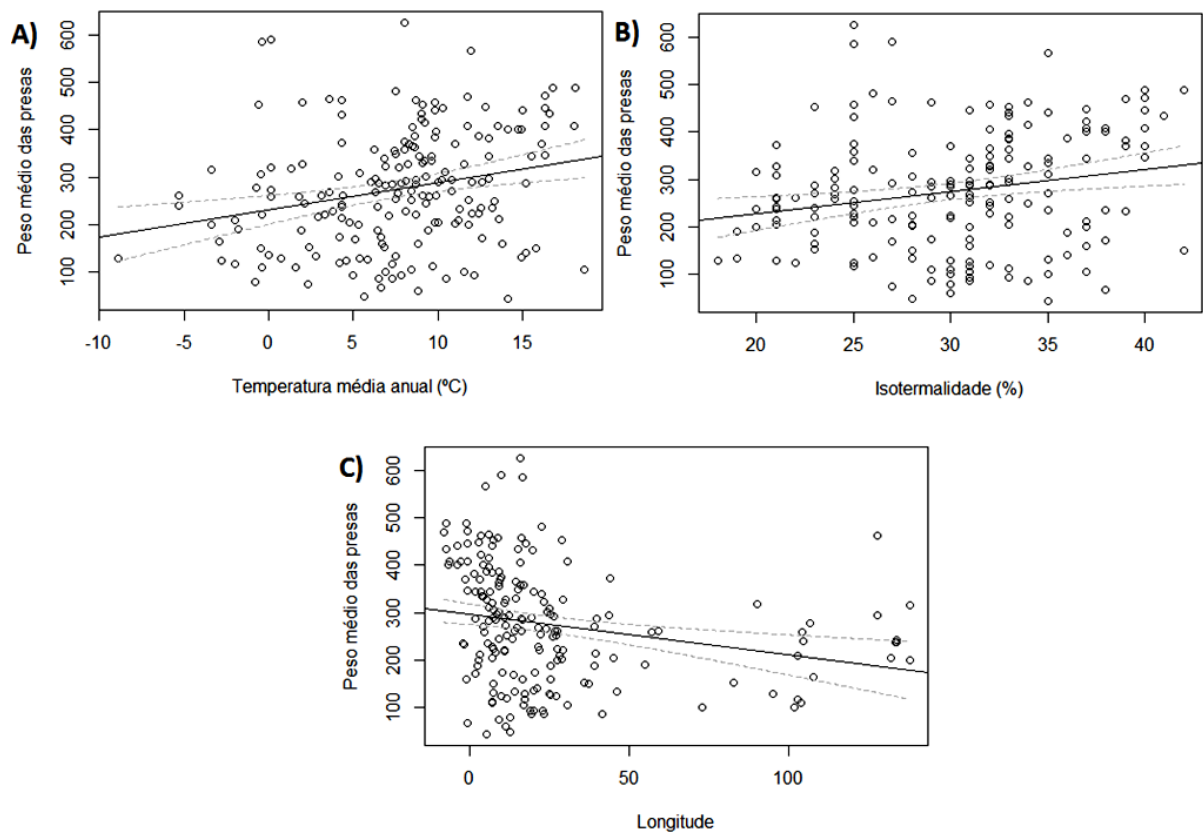


**Figura 72:** Gráficos da relação linear entre o índice de Shannon (diversidade trófica) e (A) a latitude, (B) a longitude, (C) a temperatura média anual (°C), (D) a isotermalidade (%) e (E) a biodiversidade de mamíferos.



**Figura 73:** Gráficos da relação linear entre o índice de Simpson (diversidade trófica) e (A) a latitude, (B) a longitude, (C) a temperatura média anual (°C), (D) a isotermalidade (%) e (E) a biodiversidade de mamíferos.

Por fim, verificou-se uma influência significativa da temperatura ( $\beta = 5,778$ ; SE = 1,672;  $t = 3,456$ ;  $P = 0,001$ ) e da isotermalidade ( $\beta = 4,637$ ; SE = 1,562;  $t = 2,967$ ;  $P = 0,003$ ) sobre o peso médio das presas. Isto significa que o peso médio das presas era tanto maior quanto maiores a temperatura e a isotermalidade (figuras 74A e 74B). Também a longitude ( $\beta = -50,885$ ; SE = 9,804;  $t = -5,190$ ;  $P < 0,001$ ) teve uma influência significativa sobre o peso médio das presas, sendo que este era inferior em regiões mais a este (figura 74C). Na tabela 2 pode ser consultado o resumo destes resultados.



**Figura 74:** Gráficos da relação linear entre o peso médio das presas e (A) a temperatura média anual (°C), (B) a isotermalidade (%) e (C) a longitude.

**Tabela 2:** Resumo dos resultados obtidos na análise de regressão linear entre as várias variáveis resposta e explicativas. Legenda das variáveis-resposta: Mam - percentagem de mamíferos; Insec – percentagem de insetívoros; Rod – percentagem de roedores; Lago – percentagem de lagomorfos; Carn – percentagem de carnívoros; Bird – percentagem de aves; Gall – percentagem de galiformes; Diur – percentagem de aves de rapina diurnas; Owls – percentagem de aves de rapina noturnas; Corv – percentagem de corvídeos; Super – percentagem de superpredação; Bmam – percentagem de biomassa de mamíferos; Brod – percentagem de biomassa de roedores; Blago – percentagem de biomassa de lagomorfos; Bbird – percentagem de biomassa de aves; Shan – índice de Shannon; Simp – índice de Simpson; PMW – peso médio das presas. Legendas das variáveis explicativas: Lat – latitude; Long – longitude; Prec – precipitação; Temp – temperatura; Iso – isothermalidade; Elev – elevação; Biom – biodiversidade de mamíferos; Biob – biodiversidade de aves; Biot – biodiversidade total.

		Mam	Insec	Rod	Lago	Carn	Bird	Gall	Diur	Owls	Corv	Super	Bmam	Brod	Blago	Bbird	Shan	Simp	PMW																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Lat		NS +	** -	*** +	*** -	NS +	NS -	NS -	NS -	* -	NS -	NS -	NS -	*** +	*** -	NS +	*** -	*** +	NS -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Long		NS +	** -	*** +	*** -	NS -	NS -	* -	*** -	** -	*** -	* -	NS -	** +	*** -	* +	*** -	** +	*** -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Prec		*** -	NS -	NS -	** -	NS +	NS +	NS +	NS +	NS +	NS +	NS +	*** -	NS -	* -	** +	NS +	NS -	NS -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Temp		NS -	*** +	*** -	*** +	NS -	NS +	* +	NS +	** +	NS +	NS +	** +	*** -	*** +	* -	*** +	*** -	*** +																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Iso		NS +	*** +	*** -	*** +	NS -	NS -	NS +	* +	* +	* +	NS +	*** +	*** -	*** +	*** -	*** +	** -	** +																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Elev	1-2	NS	+	NS	+	NS	+	**	+	NS	-	NS	-	NS	-	NS	+	*	+	NS	-	NS	+	*	-	NS	-	NS	+	NS	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
	2-3		-		NS		NS	-	NS		-		NS		-		NS	-	NS		-		NS	-	NS		-		NS		-	NS	-	NS	-	NS	-	NS	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	1-3		+		-		NS	NS	-		NS		NS		+		*	-	NS		NS		NS	NS	NS		NS		NS		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

### 3.3. Análise univariada da variável biomas com ANOVA

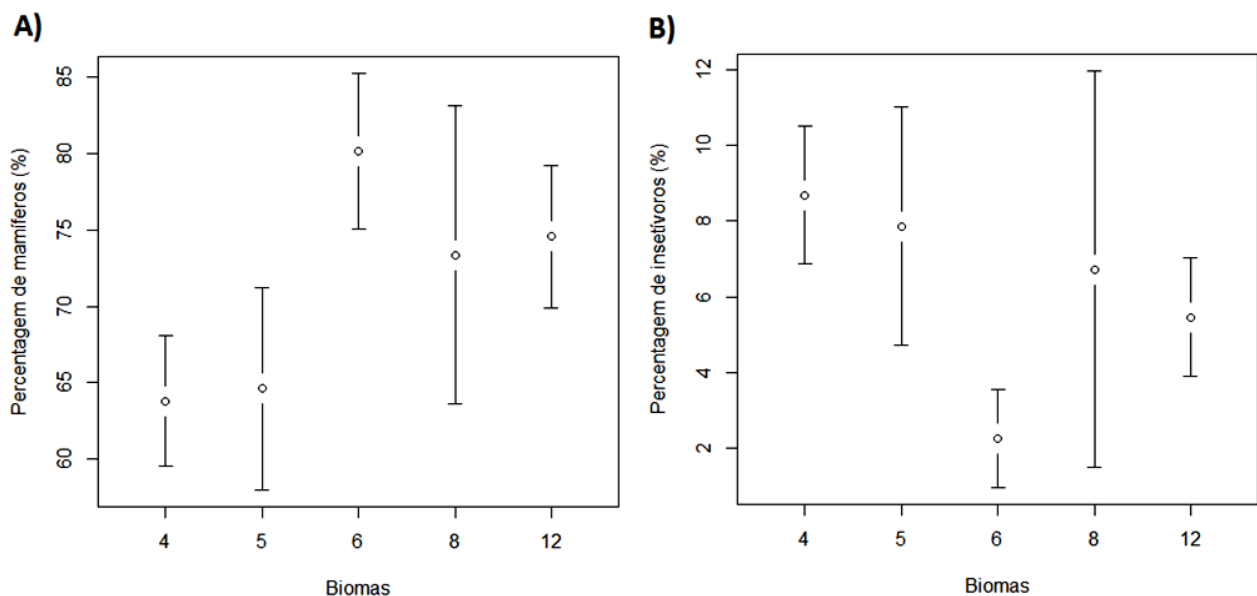
De acordo com a análise de variância (ANOVA) realizada, existem diferenças significativas da predação entre os vários biomas, exceto no caso dos galiformes, tal como é apresentado na tabela 3. Assim sendo, nos casos estatisticamente significativos, a hipótese nula, que indica que a quantidade média de presas consumidas nos diferentes biomas é a mesma, pode ser rejeitada.

**Tabela 3:** Resultados das diferenças de cada variável resposta entre os biomas considerados. Legenda dos biomas: 4 – florestas temperadas mistas; 5 – florestas temperadas de coníferas; 6 – florestas boreais (taiga); 8 – pradarias, savanas e matagais temperados; 12 – região mediterrânica.

	ANOVA	TUKEY		ANOVA	TUKEY
<b>Mamíferos (%)</b>	F = 6,59 P < 0,001 ***	6-4: P < 0,001 12-4: P = 0,027 6-5: P = 0,002	<b>Rapinas Noturnas (%)</b>	F = 5.629 P < 0,001 ***	6-4: P < 0,001 6-5: P = 0,090 12-6: P = 0,047
<b>Insetívoros (%)</b>	F = 5.339 P < 0,001 ***	6-4: P < 0,001 6-5: P = 0,011	<b>Corvídeos (%)</b>	F = 2.847 P = 0,023 *	6-4: P = 0,038 6-5: P = 0,019
<b>Roedores (%)</b>	F = 12.26 P < 0,001 ***	6-4: P < 0,001 6-5: P = 0,003 12-5: P = 0,024 12-6: P < 0,001 12-8: P = 0,017	<b>Biomassa de Mamíferos (%)</b>	F = 10,1 P = < 0,001 ***	6-4: P = 0,012 12-4: P = < 0,001 12-5: P = < 0,001
<b>Lagomorfos (%)</b>	F = 27.73 P < 0,001 ***	12-4: P = < 0,001 12-5: P = < 0,001 12-6: P = < 0,001 12-8: P = < 0,001	<b>Biomassa de Roedores (%)</b>	F = 15.67 P < 0,001 ***	6-4: P < 0,001 8-4: P = 0,019 6-5: P < 0,001 12-6: P < 0,001
<b>Carnívoros (%)</b>	F = 2.919 P = 0,023 *	5-4: P = 0,010 12-5: P = 0,078	<b>Biomassa de Lagomorfos (%)</b>	F = 28.24 P < 0,001 ***	12-4: P < 0,001 12-5: P < 0,001 12-6: P < 0,001 12-8: P < 0,001
<b>Superpredação (%)</b>	F = 3.007 P = 0,020 *	6-4: P = 0,009	<b>Biomassa de aves (%)</b>	F = 10,01 P < 0,001 ***	5-4: P = 0,036 6-4: P = 0,013 12-4: P < 0,001
<b>Aves (%)</b>	F = 7.168 P < 0,001 ***	6-4: P < 0,001 12-4: P = 0,013	<b>Índice de Shannon</b>	F = 10,32 P < 0,001 ***	6-4: P < 0,001 6-5: P = 0,003 12-6: P < 0,001
<b>Galiformes (%)</b>	NS	NS	<b>Índice de Simpson</b>	F = 8.423 P < 0,001 ***	6-4: P < 0,001 6-5: P = 0,003 12-6: P < 0,001
<b>Rapinas diurnas</b>	F = 4.176 P = 0,003 **	6-4: P = 0,001	<b>Peso médio das presas</b>	F = 8.07 P < 0,001 ***	5-4: P = 0,008 12-5: P < 0,001 12-6: P = 0,002 12-8: P = 0,006

A percentagem de mamíferos variou entre biomas ( $P < 0,001$ ). O teste de Tuckey mostrou que as diferenças na percentagem de mamíferos foram significativas entre: (i) as florestas boreais e as florestas temperadas mistas ( $P < 0,001$ ), (ii) as florestas boreais e as florestas temperadas de coníferas ( $P = 0,002$ ) e (iii) a região mediterrânica e as florestas temperadas mistas ( $P = 0,027$ ). A percentagem de mamíferos presente na dieta foi significativamente maior nas florestas boreais e na região mediterrânica (figura 75A). As restantes diferenças não mencionadas não foram significativas.

A diferença da percentagem de insetívoros foi apenas significativa (ANOVA:  $P < 0,001$ ) entre os seguintes biomas: (i) florestas boreais e florestas temperadas mistas ( $P < 0,001$ ) e (ii) florestas boreais e florestas temperadas de coníferas ( $P = 0,011$ ). A percentagem de insetívoros foi significativamente maior em ambos os biomas de floresta temperada (figura 75B).

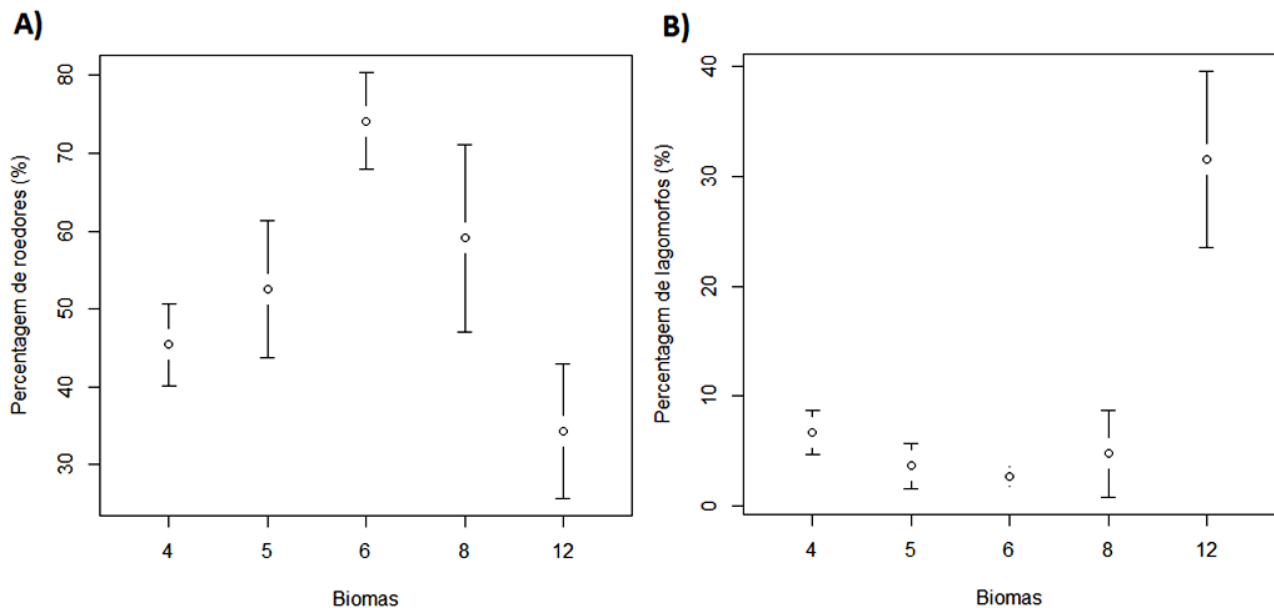


**Figura 75:** (A) Relação entre a percentagem de mamíferos (%) e os biomas onde existe registo de dieta do bufo-real. (B) Relação entre a percentagem de insetívoros (%) e os biomas onde existe registo de dieta do bufo-real. Legenda: 4 – florestas temperadas mistas; 5 – florestas temperadas de coníferas; 6 – florestas boreais (taiga); 8 – pradaria, savanas e matagais temperados; 12 – região mediterrânica.

A diferença da percentagem de roedores entre os vários biomas foi significativa (com base no teste ANOVA,  $P < 0,001$ ) entre (i) florestas boreais e florestas temperadas mistas ( $P < 0,001$ ), (ii) florestas boreais e florestas temperadas de coníferas ( $P = 0,003$ ), (iii) a região mediterrânica e as florestas temperadas de coníferas ( $P = 0,024$ ), (iv) a região mediterrânica e as florestas boreais ( $P = < 0,001$ ) e, por fim, (v) a região mediterrânica e as pradarias, savanas e matagais temperados ( $P = 0,017$ ). A percentagem de roedores foi significativamente maior nas florestas boreais e nas pradarias, savanas e matagais temperados (figura 76A).



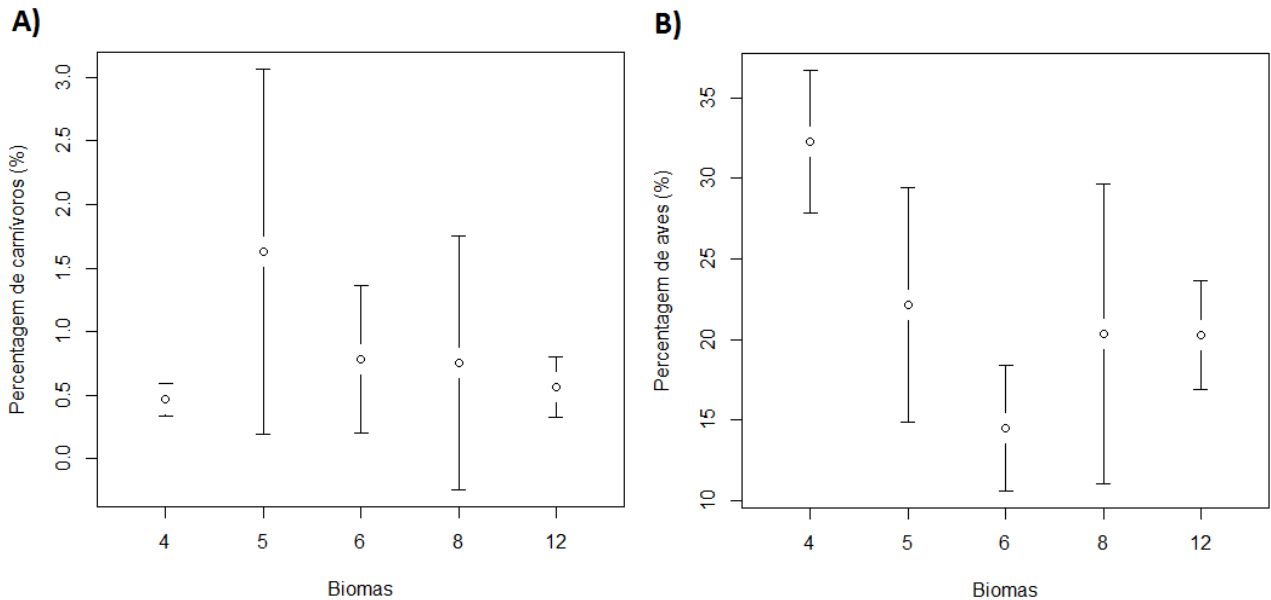
Existe uma diferença estatisticamente significativa na percentagem de lagomorfos (de acordo com a ANOVA,  $P < 0,001$ ) consumidos entre os seguintes biomas: (i) regiões de vegetação mediterrânica e florestas temperadas mistas ( $P < 0,001$ ), (ii) região mediterrânica e florestas temperadas de coníferas ( $P < 0,001$ ), (iii) região mediterrânica e florestas boreais ( $P < 0,001$ ) e ainda (iv) região mediterrânica e pradarias, savanas e matorrais temperados ( $P < 0,001$ ). A percentagem de lagomorfos foi significativamente maior na região mediterrânica (figura 76B).



**Figura 76:** (A) Relação entre a percentagem de roedores (%) e os biomas onde existe registo de dieta do bufo-real. (B) Relação entre a percentagem de lagomorfos (%) e os biomas onde existe registo de dieta do bufo-real. Legenda: 4 – florestas temperadas mistas; 5 – florestas temperadas de coníferas; 6 – florestas boreais (taiga); 8 – pradaria, savanas e matagais temperados; 12 – região mediterrânica.

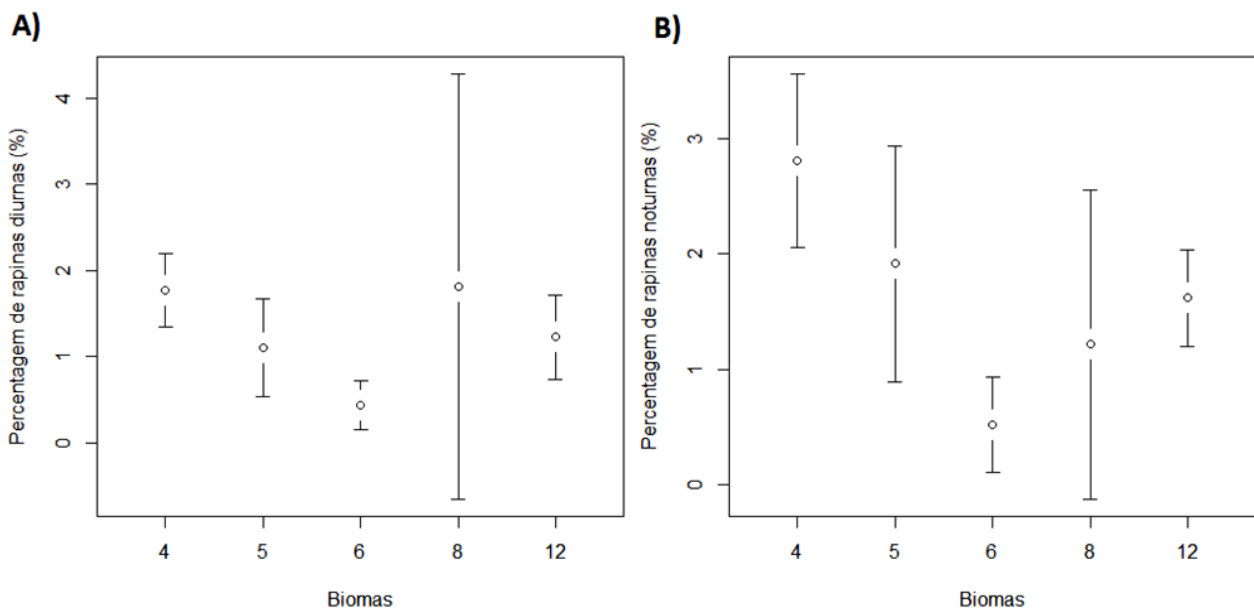
Embora mais reduzida do que nos casos anteriores, existe também uma diferença significativa (com base na ANOVA,  $P = 0,023$ ) na percentagem de carnívoros predados entre: (i) as florestas temperadas de coníferas e as florestas temperadas mistas ( $P = 0,010$ ) e (ii) a região mediterrânica e as florestas temperadas de coníferas ( $P = 0,078$ ). A percentagem de carnívoros foi significativamente superior nas florestas temperadas de coníferas em ambos os casos (figura 77A).

A diferença na percentagem de aves consumidas foi estatisticamente significativa (de acordo com a ANOVA,  $P < 0,001$ ) entre (i) as florestas boreais e as florestas temperadas mistas ( $P < 0,001$ ) e entre (ii) regiões de floresta, bosque e matagal mediterrânicos e as florestas temperadas mistas ( $P = 0,013$ ). A percentagem de aves foi significativamente maior nas florestas temperadas mistas (figura 77B).



**Figura 77:** (A) Relação entre a percentagem de carnívoros (%) e os biomas onde existe registo de dieta do bufo-real. (B) Relação entre a percentagem de aves (%) e os biomas onde existe registo de dieta do bufo-real. Legenda: 4 – florestas temperadas mistas; 5 – florestas temperadas de coníferas; 6 – florestas boreais (taiga); 8 – pradaria, savanas e matagais temperados; 12 – região mediterrânica.

A percentagem de aves de rapina diurnas apresentou uma diferença significativa (com  $P = 0,003$ , com base na ANOVA) entre as florestas boreais e as florestas temperadas mistas ( $P = 0,001$ ), onde essa percentagem era significativamente superior (figura 78A). Já a percentagem de rapinas noturnas foi significativamente diferente (ANOVA com  $P < 0,001$ ) entre (i) as florestas boreais e as florestas temperadas mistas ( $P < 0,001$ ); (ii) as florestas boreais e as florestas temperadas de coníferas ( $P = 0,09$ ); e (iii) a região mediterrânica e as florestas boreais ( $P = 0,047$ ). A percentagem de aves de rapina noturnas foi significativamente menor nas florestas boreais (figura 78B).

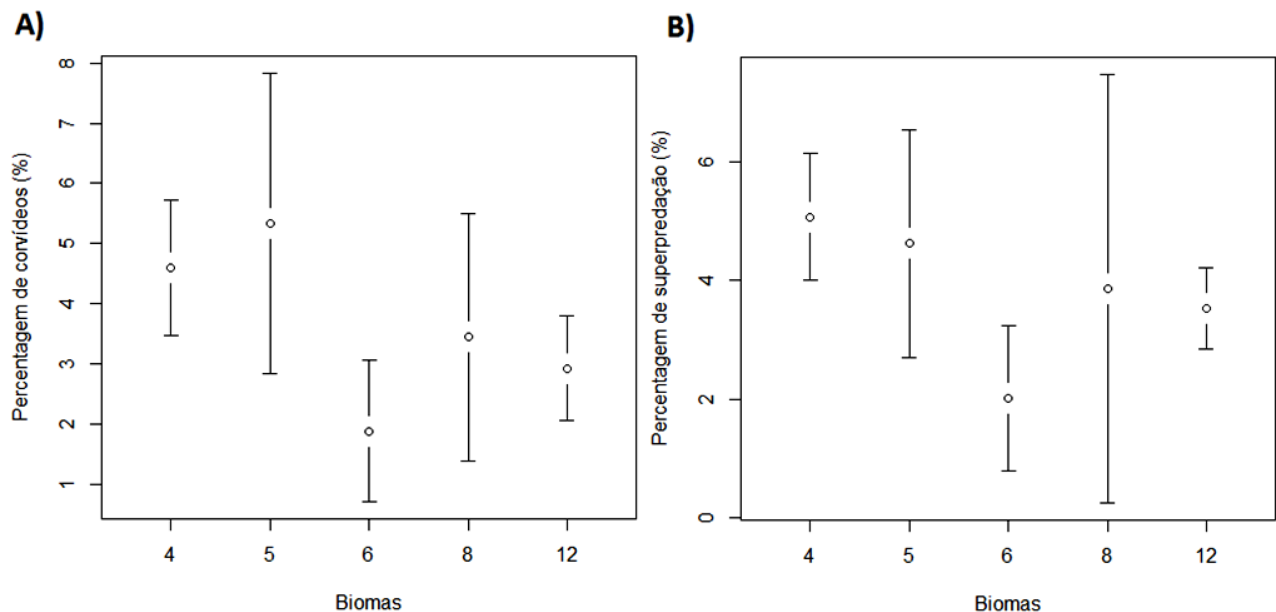


**Figura 78:** (A) Relação entre a percentagem de rapinas diurnas (%) e os biomas onde existe registo de dieta do bufo-real. (B) Relação entre a percentagem de rapinas noturnas (%) e os biomas onde existe registo de dieta do bufo-real. Legenda: 4 – florestas temperadas mistas; 5 – florestas temperadas de coníferas; 6 – florestas boreais (taiga); 8 – pradaria, savanas e matagais temperados; 12 – região mediterrânica.

Tal como já foi referido anteriormente, a diferença na percentagem de galiformes não foi significativa entre nenhum dos biomas ( $P > 0,05$ , segundo a ANOVA), pelo que a hipótese nula não pode ser rejeitada

Similarmente aos insetívoros, a percentagem de corvídeos foi significativamente diferente (segundo a ANOVA,  $P = 0,026$ ) entre (i) florestas boreais e florestas temperadas mistas ( $P = 0,038$ ), e entre (ii) florestas boreais e florestas temperadas de coníferas ( $P = 0,019$ ). A percentagem de corvídeos foi significativamente superior em ambos os biomas de florestas temperadas (figura 79A).

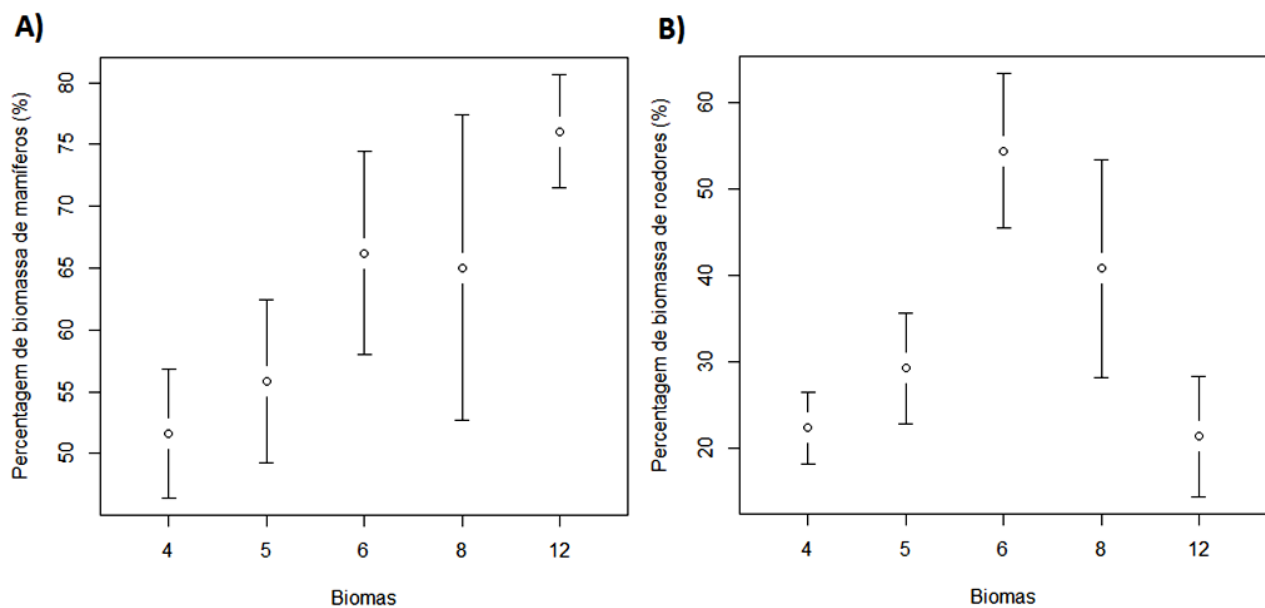
A percentagem de superpredação foi significativamente diferente (ANOVA com  $P = 0,020$ ) apenas entre as florestas boreais e as florestas temperadas mistas ( $P = 0,009$ ), tendo sido significativamente superior nas florestas temperadas mistas (figura 79B).



**Figura 79:** (A) Relação entre a percentagem de corvídeos (%) e os biomas onde existe registo de dieta do bufo-real. (B) Relação entre a percentagem de superpredação (%) e os biomas onde existe registo de dieta do bufo-real. Legenda: 4 – florestas temperadas mistas; 5 – florestas temperadas de coníferas; 6 – florestas boreais (taiga); 8 – pradaria, savanas e matagais temperados; 12 – região mediterrânica.

Verificou-se que a percentagem de biomassa de mamíferos foi significativamente diferente (de acordo com a ANOVA,  $P < 0,001$ ) entre (i) as florestas boreais e as florestas temperadas mistas ( $P = 0,012$ ), (ii) as florestas, bosques e matagais mediterrânicos e as florestas temperadas mistas ( $P < 0,001$ ) e, por último, (iii) entre as florestas, bosques e matagais mediterrânicos e as florestas temperadas de coníferas ( $P < 0,001$ ). A percentagem de biomassa de mamíferos foi significativamente superior nas florestas boreais e na região mediterrânica (figura 80A).

A diferença na percentagem de biomassa de roedores foi estatisticamente significativa (ANOVA com  $P < 0,001$ ) entre os seguintes biomas: (i) florestas boreais e florestas temperadas mistas ( $P = < 0,001$ ), (ii) regiões temperadas de pradaria, savana e matagais e florestas temperadas mistas ( $P = 0,019$ ), (iii) florestas boreais e florestas temperadas de coníferas ( $P < 0,001$ ) e ainda entre (iv) a região mediterrânica e as florestas boreais ( $P = < 0,001$ ). A percentagem de biomassa de roedores foi significativamente superior nas florestas boreais e nas regiões temperadas de pradarias, savanas e matagais (figura 80B).

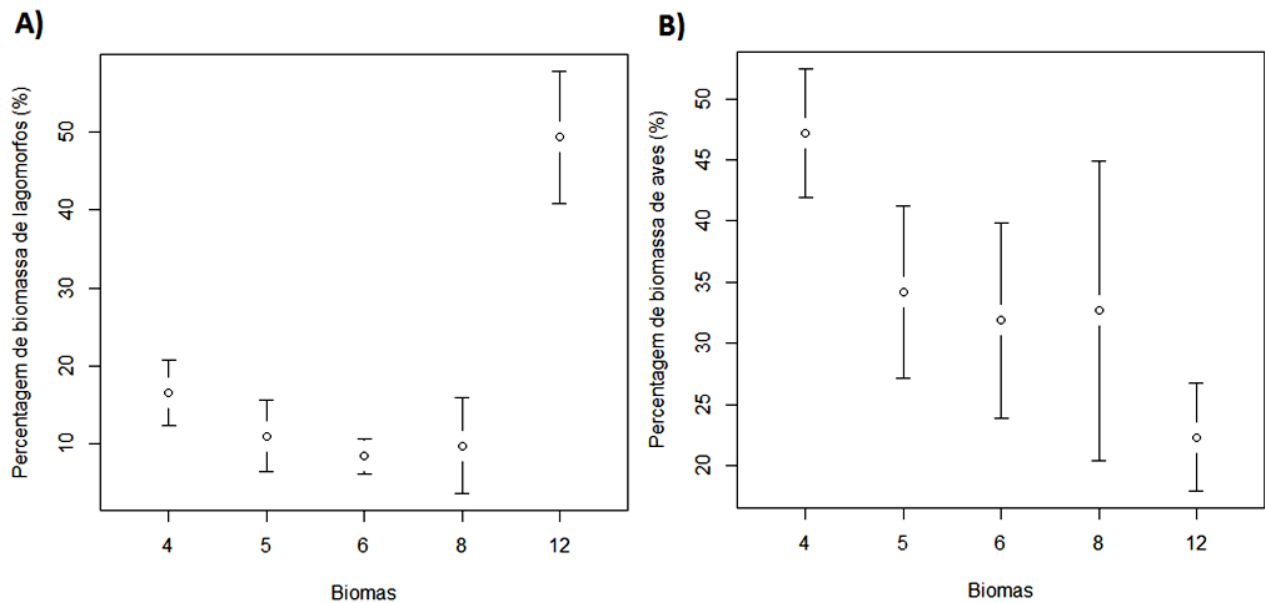


**Figura 80:** (A) Relação entre a percentagem de biomassa de mamíferos (%) e os biomas onde existe registo de dieta do bufo-real. (B) Relação entre a percentagem de biomassa de roedores (%) e os biomas onde existe registo de dieta do bufo-real. Legenda: 4 – florestas temperadas mistas ; 5 – florestas temperadas de coníferas; 6 – florestas boreais (taiga); 8 – pradaria, savanas e matagais temperados; 12 – região mediterrânica.

A percentagem de biomassa de lagomorfos apresentou uma diferença significativa (ANOVA com  $P < 0,001$ ) entre a região mediterrânica e os seguintes biomas: (i) florestas temperadas mistas ( $P < 0,001$ ), (ii) florestas temperadas de coníferas ( $P < 0,001$ ), (iii) florestas boreais ( $P < 0,001$ ) e (iv) regiões temperadas de pradarias, savanas e matagais ( $P < 0,001$ ). A percentagem de biomassa de lagomorfos foi significativamente mais elevada na região mediterrânica (figura 81A).

No caso da percentagem de biomassa de aves, a diferença foi estatisticamente significativa (segundo o teste ANOVA,  $P < 0,001$ ) entre (i) as florestas temperadas de coníferas e as florestas temperadas mistas ( $P = 0,036$ ), (ii) as florestas boreais e as florestas temperadas mistas ( $P = 0,013$ ) e também entre (iii) a região mediterrânica e as florestas temperadas mistas ( $P < 0,001$ ). A

percentagem de biomassa de aves presente na dieta do bufo-real foi significativamente superior nas florestas temperadas mistas (figura 81B).

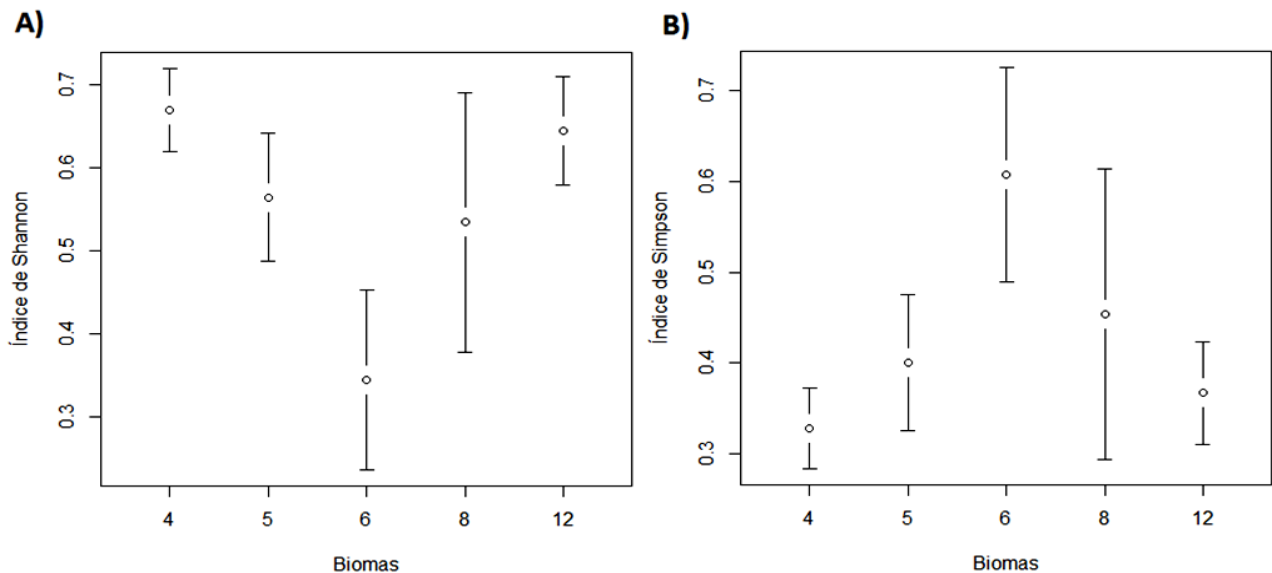


**Figura 81:** (A) Relação entre a percentagem de biomassa de lagomorfos (%) e os biomas onde existe registo de dieta do bufo-real. (B) Relação entre a percentagem de biomassa de aves (%) e os biomas onde existe registo de dieta do bufo-real. Legenda: 4 – florestas temperadas mistas; 5 – florestas temperadas de coníferas; 6 – florestas boreais (taiga); 8 – pradaria, savanas e matagais temperados; 12 – região mediterrânica.

O índice de Shannon foi significativamente diferente (ANOVA com  $P < 0,001$ ) entre (i) as florestas boreais e as florestas temperadas mistas ( $P < 0,001$ ), entre (ii) as florestas boreais e as florestas temperadas de coníferas ( $P = 0,003$ ) e entre (iii) a região mediterrânica e as florestas boreais ( $P < 0,001$ ). Porém, o índice de Shannon foi significativamente menor nas florestas boreais (figura 82A).

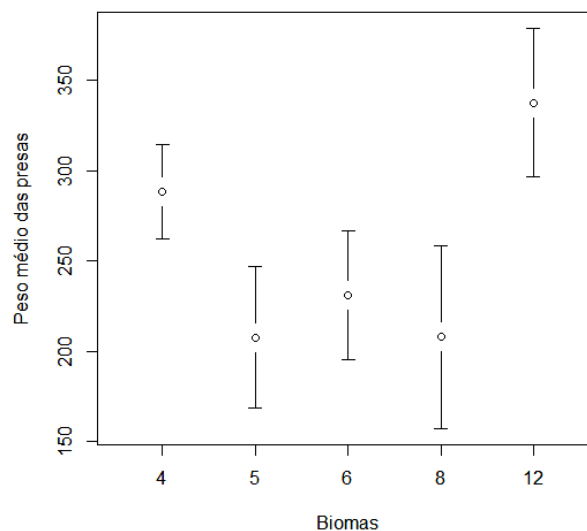
Também o índice de Simpson foi significativamente diferente entre os mesmos biomas, à semelhança do índice de Shannon (ANOVA com  $P < 0,001$ ). Os respetivos resultados do teste de Tukey foram: (i)  $P = < 0,001$ , (ii)  $P = 0,003$  e (iii)  $P < 0,001$ . O índice de Simpson foi significativamente superior nas florestas boreais (figura 82B).





**Figura 82:** (A) Relação entre o índice de Shannon e os biomas onde existe registo de dieta do bufo-real. (B) Relação entre o índice de Simpson e os biomas onde existe registo de dieta do bufo-real. Legenda: 4 – florestas temperadas mistas; 5 – florestas temperadas de coníferas; 6 – florestas boreais (taiga); 8 – pradaria, savanas e matagais temperados; 12 – região mediterrânica.

Por último, a diferença do peso médio das presas foi significativa (de acordo com o teste ANOVA,  $P < 0,001$ ) entre (i) as florestas temperadas de coníferas e as florestas temperadas mistas ( $P = 0,008$ ) e também entre (ii) a região mediterrânica e (a) as florestas temperadas de coníferas ( $P < 0,001$ ), (b) as florestas boreais ( $P = 0,002$ ) e (c) as regiões temperadas de pradarias, savanas e matagais ( $P = 0,006$ ). O peso médio das presas foi significativamente mais elevado na região mediterrânica e nas florestas temperadas mistas (figura 83).



**Figura 83:** Relação entre o peso médio das presas e os biomas onde existe registo de dieta do bufo-real. Legenda: 4 – florestas temperadas mistas; 5 – florestas temperadas de coníferas; 6 – florestas boreais (taiga); 8 – pradaria, savanas e matagais temperados; 12 – região mediterrânica.

### 3.4. Análise da inferência com multimodelos

#### 3.4.1. Percentagem de mamíferos

De acordo com os resultados apresentados na tabela 4, existe um total de oito modelos possíveis que podem ser considerados como melhores modelos, e nos quais o modelo nulo não estava incluído. Os resultados indicam que o modelo com as variáveis altitude, biodiversidade de mamíferos, latitude e precipitação (com um peso de 0,11) é o melhor modelo. Contudo, o segundo melhor modelo apresentado é apenas 1,22 vezes (razão = 0,11/0,09) mais provável de ser melhor que o primeiro e, de um modo geral, todos os pesos dos possíveis melhores modelos são baixos. Portanto, o grau de incerteza sobre qual será o melhor modelo é muito elevado e, de acordo com isto, todos os modelos são igualmente prováveis. As variáveis explicativas incluídas nos melhores modelos foram a altitude, a biodiversidade de mamíferos, a biodiversidade de aves, a latitude, a longitude e a precipitação.

**Tabela 4:** Componentes calculadas para cada um dos possíveis melhores modelos explicativos da percentagem de mamíferos. São de destacar os valores de AIC, de delta AIC e os pesos de Akaike (*weight*) de cada modelo. Legenda: df – graus de liberdade; logLik – valor de loglikelihood.

Modelos	df	logLik	AICc	delta AICc	weight
Elevação + Biodiversidade de mamíferos + Latitude + Precipitação	7	38,68	-62,76	0,00	0,11
Elevação + Biodiversidade de mamíferos + Precipitação	6	37,40	-62,34	0,42	0,09
Elevação + Biodiversidade de Aves + Biodiversidade de mamíferos + Precipitação	7	38,29	-61,97	0,79	0,08
Elevação + Biodiversidade de Aves + Biodiversidade de mamíferos + Latitude + Precipitação	8	39,32	-61,86	0,90	0,07
Elevação + Biodiversidade de mamíferos + Precipitação + Temperatura	7	37,81	-61,02	1,74	0,05
Elevação + Biodiversidade de Aves + Biodiversidade de mamíferos + Precipitação + Temperatura	8	38,83	-60,88	1,88	0,04
Elevação + Biodiversidade de mamíferos + Latitude + Precipitação + Temperatura	8	38,80	-60,82	1,94	0,04
Elevação + Biodiversidade de mamíferos + Latitude + Longitude + Precipitação	8	38,78	-60,76	1,99	0,04

Os resultados do modelo médio apresentados na tabela 5 indicam que três variáveis explicativas – precipitação (IRV = 1,00), biodiversidade de mamíferos (IRV = 0,91) e elevação (IRV = 0,76) – apresentam maior importância relativa na explicação da variação da percentagem de mamíferos. A percentagem de mamíferos na dieta do bufo-real é tanto maior quanto maior a

altitude, mas é menor em áreas com maior biodiversidade de mamíferos e maior precipitação média anual.

**Tabela 5:** Parâmetros do modelo médio e importância relativa das variáveis (IRV) para a percentagem de mamíferos na dieta do bufo-real.

	Beta	SE (erro padrão)	SE ajustado	z	P	IRV
<b>Interceção</b>	1,244	0,203	0,203	6,121	< 0,001 ***	---
<b>Elevação [1-2]</b>	0,078	0,036	0,036	2,131	0,0331 *	0,76
<b>Elevação [1-3]</b>	0,107	0,052	0,052	2,045	0,0409 *	
<b>Biodiversidade de mamíferos</b>	-0,002	0,001	0,001	2,556	0,0106 *	0,91
<b>Latitude</b>	0,003	0,003	0,003	1,118	0,2636	0,45
<b>Precipitação</b>	- 0,0002	< 0,001	< 0,001	4,177	< 0,001 ***	1,00
<b>Biodiversidade de Aves</b>	-0,001	0,001	0,001	1,443	0,1489	0,51
<b>Temperatura</b>	-0,002	0,005	0,005	0,461	0,6446	0,35
<b>Longitude</b>	< 0,001	0,023	0,024	0,009	0,9928	0,28

Verificou-se que, de todas as variáveis explicativas, a precipitação é aquela que mais contribui para explicar a percentagem de mamíferos. Em segundo lugar, a mais importante é a biodiversidade de mamíferos, seguida pela elevação. Verifica-se ainda que a precipitação é duas vezes mais importante do que a biodiversidade de aves e que a biodiversidade de mamíferos é duas vezes mais importante do que a latitude para determinar a percentagem de mamíferos.

### 3.4.2. Percentagem de roedores

No caso da percentagem de roedores, determinaram-se 10 possíveis melhores modelos, entre os quais não se encontrava o modelo nulo. Os resultados apresentados na tabela 6 mostram que o melhor modelo é aquele que inclui as variáveis altitude, latitude e longitude, com um peso de Akaike de 0,09. Todavia, nenhum dos modelos apresenta um peso de Akaike elevado e o segundo melhor modelo apresentado é apenas 1 vez (razão = 0,09/0,09) mais provável que o primeiro, pelo que todos os modelos são igualmente prováveis. As variáveis explicativas incluídas nos melhores modelos foram a altitude, a latitude, a longitude, a temperatura, a biodiversidade de aves, a biodiversidade de mamíferos e a precipitação.

**Tabela 6:** Componentes calculadas para cada um dos possíveis melhores modelos explicativos da percentagem de roedores. São de destacar os valores de AIC, de delta AIC e os pesos de Akaike de cada modelo. Legenda: df – graus de liberdade; logLik – valor de loglikelihood.

Modelos	df	logLik	AICc	delta AICc	weight
<b>Elevação + Latitude + Longitude</b>	6	-1,78	16,03	0,00	0,09
<b>Elevação + Latitude + Longitude + Temperatura</b>	7	-0,72	16,08	0,05	0,09
<b>Biodiversidade de aves + Latitude + Longitude</b>	5	-2,96	16,27	0,23	0,08
<b>Elevação + Biodiversidade de aves + Latitude + Longitude</b>	7	-1,03	16,70	0,67	0,07
<b>Elevação + Biodiversidade de aves + Latitude + Longitude + Temperatura</b>	8	0,03	16,78	0,75	0,06
<b>Elevação + Latitude + Longitude + Precipitação</b>	7	-1,18	16,99	0,96	0,06
<b>Elevação + Biodiversidade de mamíferos + Latitude + Longitude</b>	7	-1,32	17,28	1,24	0,05
<b>Elevação + Biodiversidade de mamíferos + Latitude + Longitude + Temperatura</b>	8	-0,30	17,44	1,41	0,05
<b>Elevação + Biodiversidade de aves + Latitude + Longitude + Precipitação</b>	8	-0,33	17,49	1,46	0,05
<b>Elevação + Latitude + Longitude + Precipitação + Temperatura</b>	8	-0,41	17,64	1,61	0,04

Dos resultados do modelo médio (tabela 7) verifica-se que as variáveis latitude (IRV = 1,00), longitude (IRV = 1,00) e elevação (IRV = 0,74) são as que apresentam a maior importância relativa na explicação da variação da percentagem de roedores. A percentagem de roedores na dieta do bufo-real é tanto maior quanto maiores a altitude, a latitude e a longitude.

**Tabela 7:** Parâmetros do modelo médio e importância relativa das variáveis (IRV) para a percentagem de roedores na dieta do bufo-real.

	Beta	SE (erro padrão)	SE ajustado	z	P	IRV
<b>Interceção</b>	-0,329	0,354	0,356	0,924	0,355	---
<b>Elevação [1-2]</b>	0,039	0,048	0,048	0,804	0,421	0,74
<b>Elevação [1-3]</b>	0,170	0,071	0,072	2,379	0,017*	
<b>Latitude</b>	0,015	0,004	0,004	3,473	0,001***	1,00
<b>Longitude</b>	0,139	0,030	0,030	4,557	< 0,001***	1,00
<b>Temperatura</b>	0,008	0,008	0,008	1,000	0,317	0,41
<b>Biodiversidade de aves</b>	-0,001	0,001	0,001	1,480	0,139	0,52
<b>Precipitação</b>	-0,0001	0,0001	0,0001	0,815	0,415	0,33
<b>Biodiversidade de mamíferos</b>	-0,001	0,001	0,001	0,789	0,430	0,32

Verificou-se ainda que as variáveis latitude e longitude são aquelas que mais contribuem para explicar a percentagem de roedores, seguidas pela elevação. Para além disso, a latitude e a longitude eram duas vezes mais importantes do que a biodiversidade de aves para determinar a percentagem de roedores na dieta do bufo-real.

### 3.4.3. Percentagem de lagomorfos

De acordo com os resultados apresentados na tabela 8 existem dois melhores modelos (entre os quais não está o modelo nulo) para explicar a variação da percentagem de lagomorfos. O melhor modelo apresentado, com um peso de 0,43, inclui as variáveis biodiversidade de aves, biodiversidade de mamíferos, latitude, longitude, precipitação e temperatura. Estas variáveis explicativas estão incluídas em ambos os melhores modelos. O melhor modelo é também 1,54 vezes ( $\text{razão} = 0,43/0,28$ ) mais provável de ser melhor do que o segundo.

**Tabela 8:** Componentes calculadas para cada um dos possíveis melhores modelos explicativos da percentagem de lagomorfos. São de destacar os valores de AIC, de delta AIC e os pesos de Akaike de cada modelo. Legenda: df – graus de liberdade; logLik – valor de loglikelihood.

Modelos	df	logLik	AICc	delta AICc	weight
<b>Biodiversidade de aves + Biodiversidade de mamíferos + Latitude + Longitude + Precipitação + Temperatura</b>	8	81,21	-145,60	0,00	0,43
<b>Biodiversidade de mamíferos + Latitude + Longitude + Precipitação + Temperatura</b>	7	79,67	-144,70	0,90	0,28

Com base nos resultados do modelo médio apresentados na tabela 9, verifica-se que a biodiversidade de mamíferos (IRV = 1,00), a latitude (IRV = 1,00), a longitude (IRV = 1,00), a precipitação (IRV = 1,00) e, por fim, a temperatura (IRV = 0,84) são as variáveis que apresentam a maior importância relativa para explicar a variação da percentagem de lagomorfos. Significa isto que o consumo deste grupo é inferior em regiões localizadas mais a norte e a este no Paleártico e em regiões onde a biodiversidade de mamíferos e a precipitação e a temperatura médias anuais são mais elevadas.



**Tabela 9:** Parâmetros do modelo médio e importância relativa das variáveis (IRV) para a percentagem de lagomorfos na dieta do bufo-real.

	Beta	SE (erro padrão)	SE ajustado	z	P	IRV
<b>Interceção</b>	1,728	0,234	0,235	7,366	< 0,001 ***	---
<b>Biodiversidade de aves</b>	0,001	0,001	0,001	1,664	0,096	0,59
<b>Biodiversidade de mamíferos</b>	-0,003	0,007	0,001	3,724	< 0,001 ***	1,00
<b>Latitude</b>	-0,012	0,003	0,003	4,302	< 0,001 ***	1,00
<b>Longitude</b>	-0,191	0,023	0,023	8,283	< 0,001 ***	1,00
<b>Precipitação</b>	-0,0002	< 0,001	< 0,001	5,331	< 0,001 ***	1,00
<b>Temperatura</b>	-0,010	0,004	0,004	2,324	0,020 *	0,84
<b>Elevação [1-2]</b>	0,034	0,033	0,033	1,035	0,300	0,19
<b>Elevação [1-3]</b>	0,016	0,051	0,052	0,314	0,753	

Verificou-se também que a latitude, a longitude, a precipitação e a biodiversidade de mamíferos são as que mais contribuem para explicar a percentagem de lagomorfos, apresentando entre si a mesma importância relativa. Outra variável que contribui significativamente para explicar essa variação é a temperatura. Além disso, são também 1,69 vezes mais importantes do que a biodiversidade de aves para determinar a percentagem de lagomorfos. A variável elevação é aquela que menos contribui para explicar a variação do consumo de lagomorfos pelo bufo-real.

#### 3.4.4. Percentagem de aves

Por observação dos resultados apresentados na tabela 10, existem nove possíveis melhores modelos para explicar a variação da percentagem de aves na dieta do bufo-real, e entre os quais não se encontra o modelo nulo. O primeiro modelo apresentado, com um peso de 0,11, inclui as variáveis elevação, biodiversidade de mamíferos, latitude e precipitação. É também 1,34 vezes (razão = 0,11/0,08) melhor do que o segundo modelo apresentado. Os pesos de cada um dos modelos são também bastante baixos, pelo que terão igualmente a mesma probabilidade de serem o melhor modelo. As variáveis explicativas incluídas nos melhores modelos foram a elevação, a biodiversidade de mamíferos, a biodiversidade de aves, a latitude, a longitude, a precipitação e a temperatura.

**Tabela 10:** Componentes calculadas para cada um dos possíveis melhores modelos explicativos da percentagem de aves. São de destacar os valores de AIC, de delta AIC e os pesos de Akaike de cada modelo. Legenda: df – graus de liberdade; logLik – valor de loglikelihood.

Modelos	df	logLik	AICc	delta AICc	weight
Elevação + Biodiversidade de mamíferos + Latitude + Precipitação	7	29,59	-44,57	0,00	0,11
Elevação + Latitude + Longitude	6	28,18	-43,90	0,68	0,08
Elevação + Biodiversidade de aves + Biodiversidade de mamíferos + Latitude + Precipitação	8	30,18	-43,57	1,00	0,07
Elevação + Biodiversidade de aves + Latitude + Precipitação	7	28,97	-43,33	1,24	0,06
Elevação + Biodiversidade de mamíferos + Latitude + Precipitação + Temperatura	8	29,90	-43,02	1,55	0,05
Elevação + Biodiversidade de mamíferos + Precipitação	6	27,73	-43,00	1,57	0,05
Elevação + Biodiversidade de mamíferos + Latitude + Longitude + Precipitação	8	29,74	-42,70	1,87	0,05
Elevação + Latitude + Precipitação + Temperatura	7	28,63	-42,65	1,92	0,04
Elevação + Biodiversidade de aves + Biodiversidade de mamíferos + Precipitação	7	28,61	-42,62	1,96	0,04

Com base nos resultados do modelo médio (tabela 11) verificou-se que a precipitação (IRV = 0,98) e a elevação (IRV = 0,97) são as variáveis com a maior importância relativa para explicar a variação da percentagem de aves. A percentagem de aves na dieta do bufo-real é portanto superior em regiões com um maior volume de precipitação anual, mas é tanto inferior quanto maior a altitude.

**Tabela 11:** Parâmetros do modelo médio e importância relativa das variáveis (IRV) para a percentagem de aves na dieta do bufo-real.

	Estimativa	SE (erro padrão)	SE ajustado	z	P	IRV
<b>Interceção</b>	0,493	0,245	0,246	2,004	0,045*	---
<b>Elevação [1-2]</b>	-0,089	0,039	0,039	2,298	0,022*	0,97
<b>Elevação [1-3]</b>	-0,177	0,057	0,057	3,093	0,002**	
<b>Biodiversidade de mamíferos</b>	0,002	0,001	0,001	1,653	0,098	0,59
<b>Latitude</b>	-0,005	0,003	0,003	1,692	0,091	0,67
<b>Precipitação</b>	0,156	< 0,001	0,005	3,140	0,002**	0,98
<b>Biodiversidade de aves</b>	0,001	0,001	0,001	1,190	0,234	0,43
<b>Temperatura</b>	-0,001	0,006	0,006	0,104	0,917	0,33
<b>Longitude</b>	0,003	0,024	0,024	0,139	0,890	0,27

Verificou-se também que a precipitação e a altitude são as variáveis que mais contribuem para explicar a percentagem de aves, seguidas pela latitude e pela disponibilidade de mamíferos. A precipitação é 1,66 vezes mais importante do que a biodiversidade de mamíferos e 2,28 vezes mais importante do que a biodiversidade de aves para explicar a percentagem de aves na dieta do bufo-real.

### 3.4.5. Percentagem de superpredação

Nos resultados da tabela 12 são apresentados apenas dois possíveis melhores modelos, e que não incluem o modelo nulo. O modelo com as variáveis biodiversidade de mamíferos e longitude, com um peso de 0,15, é o melhor modelo. Porém, o segundo modelo com as variáveis biodiversidade de aves, biodiversidade de mamíferos e longitude é 2,14 vezes (razão = 0,15/0,07) mais provável de ser melhor do que o primeiro. Além disso, o peso de ambos é bastante baixo, pelo que o grau de incerteza é elevado e ambos os modelos poderão ser igualmente prováveis de serem o melhor modelo.

**Tabela 12:** Componentes calculadas para cada um dos possíveis melhores modelos explicativos da percentagem de superpredação. São de destacar os valores de AIC, de delta AIC e os pesos de Akaike de cada modelo. Legenda: df – graus de liberdade; logLik – valor de loglikelihood.

Modelos	df	logLik	AICc	delta AICc	weight
<b>Biodiversidade de mamíferos + Longitude</b>	4	154,35	-300,48	0,00	0,15
<b>Biodiversidade de aves + Biodiversidade de mamíferos + Longitude</b>	5	154,61	-298,88	1,61	0,07

Com base nos resultados do modelo médio (tabela 13), as variáveis longitude (IRV = 0,82) e biodiversidade de mamíferos (IRV = 0,78) são as que apresentam a maior importância relativa para explicar a percentagem de superpredação na dieta do bufo-real. Essa percentagem é maior quanto maior a biodiversidade de mamíferos, mas é menor em regiões localizadas a elevada longitude e, por outro lado, maior nas regiões mais ocidentais do Paleártico.

**Tabela 13:** Parâmetros do modelo médio e importância relativa das variáveis (IRV) para a percentagem de superpredação na dieta do bufo-real.

	Beta	SE (erro padrão)	SE ajustado	z	P	IRV
<b>Interceção</b>	0,215	0,075	0,076	2,840	0,005**	---
<b>Biodiversidade de mamíferos</b>	0,001	0,0005	0,0005	2,147	0,032*	0,78
<b>Longitude</b>	-0,024	0,011	0,011	2,309	0,021*	0,82
<b>Biodiversidade de aves</b>	-0,0003	0,0003	0,0003	0,935	0,350	0,37
<b>Latitude</b>	-0,001	0,0014	0,001	0,550	0,583	0,30
<b>Precipitação</b>	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,280	0,779	0,27
<b>Temperatura</b>	0,001	0,002	0,002	0,387	0,699	0,31
<b>Elevação [1-2]</b>	0,017	0,020	0,019	0,882	0,378	0,20
<b>Elevação [1-3]</b>	-0,010	0,026	0,026	0,388	0,698	

Verificou-se que, de todas as variáveis explicativas, a longitude e a biodiversidade de mamíferos são aquelas que mais contribuem para explicar a percentagem de superpredação. Além disso, verifica-se também que a biodiversidade de mamíferos é aproximadamente duas vezes mais importante para explicar a variação da percentagem de predação do que a biodiversidade de aves. Já a longitude é aproximadamente quatro vezes mais importante do que a altitude, sendo esta a variável que apresenta a menor importância relativa.

#### 3.4.6. Peso médio das presas

De acordo com os resultados da tabela 14, existem cinco possíveis melhores modelos para explicar os valores do peso médio das presas. Os resultados indicam que o modelo com as variáveis altitude e longitude e com um peso de 0,15 é o melhor modelo. Ainda assim, é apenas 1,88 vezes (razão = 0,15/0,08) mais provável de ser melhor do que o segundo modelo proposto, pelo que existe um elevado grau de incerteza relativamente a qual será o melhor modelo. Como tal, os possíveis modelos têm igual probabilidade de serem o melhor. As variáveis explicativas incluídas nos melhores modelos foram a elevação, a longitude, a biodiversidade de aves, a biodiversidade de mamíferos, a precipitação e a temperatura.

**Tabela 14:** Componentes calculadas para cada um dos possíveis melhores modelos explicativos do peso médio das presas. São de destacar os valores de AIC, de delta AIC e os pesos de Akaike de cada modelo. Legenda: df – graus de liberdade; logLik – valor de loglikelihood.

Modelos	df	logLik	AICc	delta AICc	weight
<b>Elevação + Longitude</b>	5	-1132,40	2275,13	0,00	0,15
<b>Elevação + Biodiversidade de aves + Longitude</b>	6	-1131,90	2276,28	1,15	0,08
<b>Elevação + Longitude + Precipitação</b>	6	-1132,09	2276,65	1,52	0,07
<b>Elevação + Biodiversidade de mamíferos + Longitude</b>	6	-1132,17	2276,81	1,68	0,06
<b>Elevação + Longitude + Temperatura</b>	6	-1132,31	2277,10	1,97	0,06

Com base nos resultados do peso médio (tabela 15) verifica-se que a longitude (IRV = 1,00) e a elevação (IRV = 0,90) são as variáveis com a maior importância relativa para explicar a variação do peso médio das presas. A dieta do bufo-real nas regiões mais ocidentais apresenta, globalmente, um peso médio das presas superior à dieta nas regiões mais orientais. O tamanho médio das presas nas zonas mais elevadas é, no geral, menor quanto menor a altitude.

**Tabela 15:** Parâmetros do modelo médio e importância relativa das variáveis (IRV) para o peso médio das presas na dieta do bufo-real

	Beta	SE (erro padrão)	SE ajustado	z	P	IRV
<b>Interceção</b>	476,320	77,407	77,811	6,122	< 0,001***	---
<b>Elevação [1-2]</b>	-10,443	19,866	19,999	0,522	0,601	0,90
<b>Elevação [1-3]</b>	-76,971	26,589	26,759	2,876	0,004**	
<b>Longitude</b>	-50,815	11,434	11,507	4,416	< 0,001***	1,00
<b>Biodiversidade de aves</b>	-0,305	0,361	0,363	0,841	0,400	0,34
<b>Precipitação</b>	-0,026	0,027	0,027	0,951	0,342	0,36
<b>Biodiversidade de mamíferos</b>	-0,335	0,509	0,512	0,654	0,513	0,30
<b>Temperatura</b>	-0,621	2,766	2,781	0,223	0,823	0,28
<b>Latitude</b>	0,256	1,619	1,628	0,157	0,875	0,27

Verificou-se ainda que a longitude é a variável que mais contribui para explicar a variação do peso médio das presas, seguida pela elevação. Mais ainda, a longitude é quase três vezes mais importante para determinar o peso médio das presas do que a precipitação e a biodiversidade de aves. Já a elevação é 2,5 vezes mais importante do que a precipitação.



### 3.4.7. Índice de Shannon

De acordo com a tabela 16, os resultados indicam que apenas existem dois modelos possíveis para explicar a variação da diversidade da dieta (índice de Shannon). Um dos modelos, com um peso de 0,13, inclui as variáveis biodiversidade de mamíferos, precipitação e temperatura. Este modelo é 2,16 vezes mais provável de ser melhor do que o segundo, que inclui as variáveis biodiversidade de mamíferos, longitude, precipitação e temperatura. Contudo, com base nos seus reduzidos pesos, ambos os modelos terão uma igual probabilidade de serem o melhor modelo.

**Tabela 16:** Componentes calculadas para cada um dos possíveis melhores modelos. São de destacar os valores de AIC, de delta AIC e os pesos de Akaike de cada modelo. Legenda: df – graus de liberdade; logLik – valor de loglikelihood.

Modelos	df	logLik	AICc	delta AICc	weight
<b>Biodiversidade de mamíferos + Precipitação + Temperatura</b>	5	27,52	-44,67	0,00	0,13
<b>Biodiversidade de mamíferos + Longitude + Precipitação + Temperatura</b>	6	27,85	-43,16	1,51	0,06

Os resultados do modelo médio apresentados na tabela 17 indicam que a biodiversidade de mamíferos (IRV = 0,87) e a temperatura (IRV = 0,81) são as variáveis com uma maior importância relativa para explicar a variação do índice de Shannon na dieta do bufo-real. As áreas onde a dieta do bufo-real apresenta maior diversidade apresentam, no geral, maior biodiversidade de mamíferos e uma temperatura média anual mais elevada.

**Tabela 17:** Parâmetros do modelo médio e importância relativa das variáveis (IRV)

	Beta	SE (erro padrão)	SE ajustado	z	P	IRV
<b>Interceção</b>	0,557	0,344	0,344	1,617	0,106	---
<b>Biodiversidade de mamíferos</b>	0,002	0,001	0,001	2,391	0,017*	0,87
<b>Precipitação</b>	< 0,001	< 0,001	< 0,001	1,812	0,070	0,66
<b>Temperatura</b>	0,014	0,006	0,006	2,494	0,013*	0,81
<b>Longitude</b>	-0,038	0,029	0,029	1,309	0,191	0,48
<b>Latitude</b>	-0,005	0,004	0,004	1,190	0,234	0,46
<b>Biodiversidade de aves</b>	-0,0004	0,001	0,001	0,466	0,641	0,30
<b>Elevação [1-2]</b>	-0,046	0,044	0,044	1,056	0,291	0,35
<b>Elevação [1-3]</b>	-0,108	0,067	0,068	1,595	0,111	

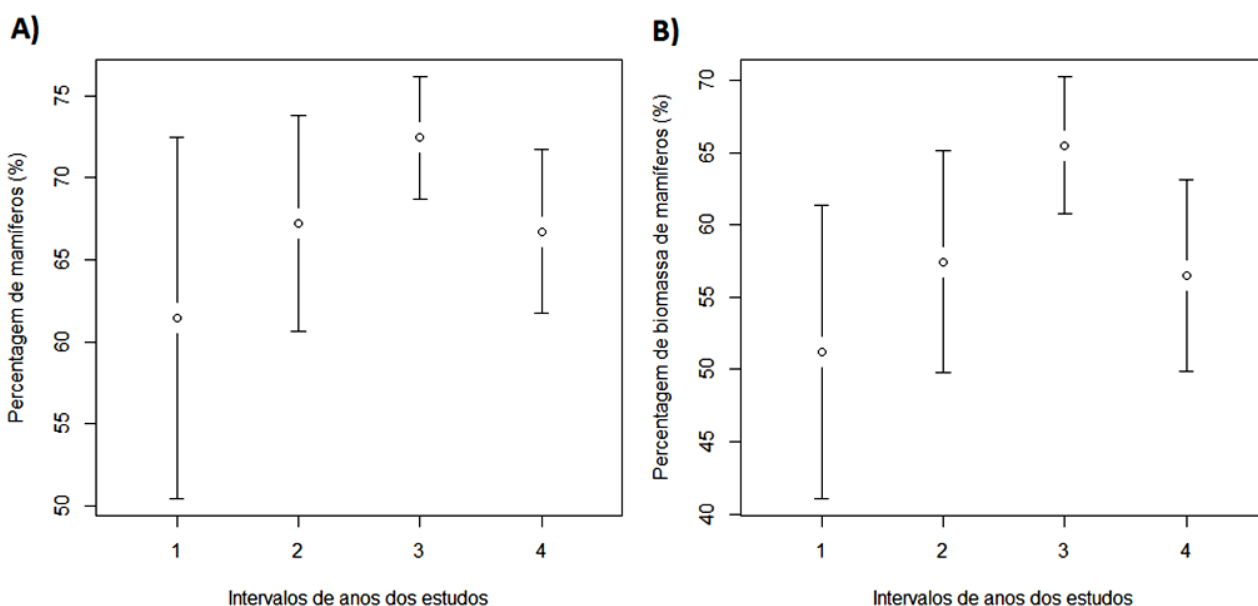
Verificou-se ainda que, de entre todas as variáveis explicativas, a biodiversidade de mamíferos (seguida pela temperatura) é aquela que mais contribui para explicar o valor do índice

de Shannon. Além disso, é 1,3 vezes mais importante do que a precipitação e 1,8 vezes mais importante do que a longitude para explicar a variação desse índice.

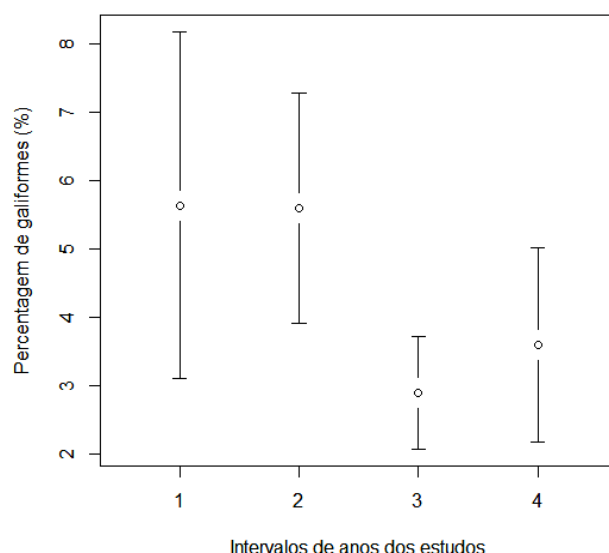
### 3.5. Análise temporal

Verificou-se que os períodos de tempo em que os estudos foram realizados influenciaram significativamente a percentagem de mamíferos (classe 1-3:  $\beta = 0,122$ ; SE = 0,061;  $t = 2.003$ ;  $P = 0,047$ ), a percentagem de biomassa de mamíferos (classe 1-3:  $\beta = 0,151$ ; SE=0,073;  $t=2.072$ ;  $p=0,039$ ) e ainda a percentagem de galiformes (classe 1-3:  $\beta = -0,080$ ; SE = 0,031;  $t = -2.527$ ;  $p = 0,013$ ; e classe 1-4:  $\beta = -0,073$ ; SE = 0,033;  $t = -2.236$ ;  $P = 0,03$ ). A partir desses resultados verificou-se que a percentagem de mamíferos e de biomassa de mamíferos consumidos foi superior até aos anos 2000 (figuras 84A e 84B), enquanto que a percentagem de galiformes consumidos foi inferior até aos anos mais recentes.

Com base na ANOVA, verificou-se a existência de uma diferença significativa na percentagem de galiformes consumidos ( $P = 0,006$ ) entre os diferentes períodos de tempo considerados. Porém, essa diferença não se verificou para a percentagem de mamíferos nem para a respetiva biomassa ( $P > 0,05$ ). De acordo com o teste de Tukey, a percentagem de galiformes foi significativamente diferente entre as décadas de 60 a 80 e a década de 80 ao ano 2000 ( $P = 0,028$ ), tendo sido significativamente superior nas décadas de 60 a 80 (figura 85).



**Figura 84:** (A) Relação entre a percentagem de mamíferos (%) e os períodos de tempo decorridos. (B) Relação entre a percentagem de biomassa de mamíferos (%) e os períodos de tempo decorridos. Legenda: 1 – até à década de 60; 2 – anos 60 a 80; 3 – anos 80 a 2000; 4 – 2000 a 2014.



**Figura 85:** Relação entre a percentagem de galiformes (%) e os períodos de tempo decorridos. Legenda: 1 – até à década de 60; 2 – anos 60 a 80; 3 – anos 80 a 2000; 4 – 2000 a 2014.

## 4. Discussão

### 4.1. Análise univariada das variáveis explicativas

De um modo geral, o bufo-real apresenta uma dieta muito diversificada ao longo da sua distribuição no Paleártico, tendo predado diversas espécies de mamíferos, aves, répteis, anfíbios, peixes e até invertebrados. A dieta de aves como o bufo-real é frequentemente influenciada pela abundância das suas principais presas, quase sempre um número bastante limitado em cada região. No entanto, outros fatores, como as condições climáticas, também favorecem variações geográficas que influenciam a sua dieta e que podem afetar a disponibilidade e a abundância de presas (Cui *et al.*, 2008; Sharikov & Makarova, 2014), não só no sentido estrito da sua distribuição, mas também ao nível da capacidade de sobrevivência das presas sob condições extremas (Rödel & Dekker, 2012). As regiões biogeográficas e os habitats considerados são outros dois fatores que podem influenciar os hábitos alimentares de um predador a grandes escalas espaciais (Moleón *et al.*, 2009). Tal deve-se ao facto de a disponibilidade de determinadas presas poder variar sazonalmente (no caso de espécies com atividade estacional, por exemplo), mas também porque a variabilidade de um habitat afeta a composição das comunidades de presas e a distribuição espacial das mesmas (Donazar, 1989; Romanowski & Zmihorski, 2008). Deste modo, os resultados obtidos a partir da análise dos trabalhos sobre a dieta do bufo-real ao longo do Paleártico

confirmam a variabilidade da dieta da espécie por toda a sua distribuição, sobretudo ao nível dos grupos gerais dos mamíferos e das aves.

Vários estudos realizados referem a plasticidade da dieta do bufo-real em diversas regiões. São exemplos os trabalhos de Pukinsky (1993) na Rússia, no qual refere que o bufo-real é capaz de alterar a sua dieta com bastante facilidade nas mais diversas regiões consoante a abundância das suas presas principais; Shin *et al.* (2013) na Coreia do Sul, no qual referem a elevada diversidade trófica presente na dieta do predador; e Donázar *et al.* (1989), no qual referem a existência de diferentes dietas em regiões distintas. Também os resultados obtidos no presente trabalho corroboram a existência dessa plasticidade, atendendo à vasta lista de espécies diferentes que foram registadas como presas do bufo-real. Mais ainda, estes dados não só comprovam esse facto a nível regional, como também se verifica esse fenómeno ao longo de toda a distribuição da espécie pelo Paleártico. Assim sendo, o bufo-real não está totalmente dependente de nenhum tipo de presas (Pukinsky, 1993) e a presença e a abundância destas em determinadas regiões permitem explicar os padrões observados da variação da dieta e a sua composição ao longo de extensas áreas geográficas (Lozano *et al.*, 2006).

Consideram-se espécies generalistas aquelas que são capazes de modificar a sua dieta em resposta às alterações das comunidades de presas, pelo que não estão restritas a um único tipo de habitat e podem apresentar uma maior distribuição geográfica (Letcher & Harvey, 1994; Terraube & Arroyo, 2011). Por outro lado, as espécies especialistas dependem de uma única fonte de alimento, independentemente da sua abundância (Terraube & Arroyo, 2011).

Sabendo que, a partir do panorama geral observado nos resultados, as espécies de presas que constituem a dieta do bufo-real variam grandemente ao longo da distribuição do predador, o bufo-real pode ser considerado um predador generalista. No entanto, esta rapina noturna também pode especializar-se em certas presas quando estas são abundantes, nomeadamente no coelho-bravo (*Oryctolagus cuniculus*) na Península Ibérica. Por essa razão, pode até ser considerado um predador facultativo de coelho (ou seja, é predado sempre que está disponível e é abundante), tal como sugerido por Tobajas *et al.* (2015). Essa espécie constitui a maior parte da dieta do bufo-real em áreas de vegetação mediterrânica, particularmente na Península Ibérica (Alivizatos *et al.*, 2005; Donázar *et al.*, 1989; Penteriani *et al.*, 2002; Serrano, 2000). Isto também foi observado nos mapas dos descritores da dieta (figuras 16 e 37) que apresentam um padrão relativo à elevada percentagem de consumo de lagomorfos naquela região. Noutras áreas onde o coelho-bravo não é predominante na dieta do bufo-real, este consome outras presas alternativas,

tendo isto sido já mostrado também por outros autores. Hiraldo *et al.* (1976), por exemplo, referem o facto de o coelho ser uma espécie introduzida na restante área da Europa, pelo que a espécie estará presente em menor abundância. Isto implica um maior gasto energético pelo predador à procura do mesmo, pelo que recorre a presas alternativas para reduzir esse impacte.

No presente estudo as presas encontradas em maior abundância foram, por ordem decrescente, o rato-silvestre *Microtus arvalis*, o coelho-bravo *Oryctolagus cuniculus*, a ratazana *Rattus norvegicus*, *Arvicola amphibius*, o ouriço-terreste *Erinaceus europaeus*, *Microtus gregalis* e *Rana temporaria*, entre outros. O rato-silvestre é um pequeno roedor que ocupa a maioria da Europa (exceto o norte) e parte do centro asiático. Possui populações estáveis com picos sazonais de elevadas densidades e a espécie pode ser encontrada numa grande variedade de habitats incluindo pradarias, estepes, florestas húmidas e até em áreas agrícolas (Amori *et al.*, 2008). Já o coelho-bravo é uma espécie residente na Península Ibérica e na França, tendo sido introduzido no resto na Europa, e pode ser encontrado normalmente em habitats mediterrânicos mistos com zonas arbustivas para refúgio. Atualmente possui o estatuto de *Quase Ameaçado* (NT) (Smith & Boyer, 2008). No caso da terceira espécie mais consumida pelo bufo-real, *R. norvegicus* encontra-se abundantemente distribuído por todo o Paleártico, principalmente em regiões de baixa altitude e em regiões costeiras associadas a áreas urbanas. É também mais comum em climas mais frios, incluindo em latitudes elevadas (Marchesi *et al.*, 2002; Ruedas, 2008; Sergio *et al.*, 2004).

Dada a enorme extensão do Paleártico, já seria de esperar uma grande variação entre o tipo de presas que o bufo-real tem disponível ao longo da sua distribuição (Alivizatos *et al.*, 2005). É também já conhecido o facto de a dieta do bufo-real ser dominada por um reduzido número de espécies (normalmente aquelas que são mais abundantes e mais rentáveis, tal como se verá mais à frente), ainda que seja capaz de capturar uma grande variedade de presas (Marchesi *et al.*, 2002). Essas variações poderão estar relacionadas com a variação dos biomas ao longo da Eurásia, mas também com a estrutura e composição dos habitats em diferentes regiões ocupadas pelo bufo-real (Cui *et al.*, 2008; Romanowski & Zmihorski, 2008; Sándor & Ionescu, 2009). Por exemplo, a facilidade de deteção e de captura das presas pode ser influenciada pelo tipo de vegetação, sendo mais difícil a captura de determinadas presas em habitats arbustivos muito densos (Cui *et al.*, 2008). Outra hipótese é a inatividade de determinadas presas (como os anfíbios e os invertebrados) ou a migração de outras (no caso das aves) quando as condições meteorológicas não são propícias à sua ocorrência numa dada região (por exemplo, na Rússia onde predomina a taiga e a tundra) (Romanowski & Zmihorski, 2008). Também é possível que a redução da

percentagem de consumo desses grupos se deva ao facto de os habitats ocupados pelo bufo-real serem diferentes dos habitats de certas presas (Terraube & Arroyo, 2011).

#### **4.1.1. Latitude**

Vários estudos já descreveram o padrão da variação da diversidade e da riqueza de espécies com a latitude no Paleártico, ou seja, há uma maior diversidade de espécies em áreas de baixa latitude (Korpimäki & Marti, 1995; Lozano *et al.*, 2006). Quer isto dizer que é de esperar uma maior diversidade da dieta de predadores que não são estritamente generalistas em regiões de menor latitude, incluindo na região mediterrânica (Lozano *et al.*, 2006). Este padrão foi significativo tanto para alguns grupos de mamíferos, como para as aves. Verificou-se portanto que a percentagem de lagomorfos e a respetiva biomassa presentes na dieta diminuía com a latitude. Isto dever-se-á à preferência do bufo-real pelos lagomorfos, nomeadamente pelo coelho-bravo, em regiões de menor latitude, em particular no sul europeu (Marchesi *et al.*, 2002; Serrano, 2000). Inclusive, o coelho-bravo foi identificado nos nossos resultados como sendo a segunda presa mais consumida pelo bufo-real. Significa isto que os lagomorfos são abundantes nessas regiões e que estão presentes em elevada densidade (Donazar *et al.*, 1989; Serrano, 2000), não sendo necessário recorrer a presas alternativas (Lourenço, 2006). Porém, o mesmo não acontece no norte da Europa. E prova disso é também o facto de a frequência de roedores e a respetiva biomassa serem tanto maiores quanto o aumento da latitude. Por outras palavras, os lagomorfos vão sendo substituídos progressivamente por roedores, uma vez que a densidade de lagomorfos é muito inferior em regiões de floresta temperada ou boreal. Mais ainda, o bufo-real pode consumir uma maior proporção de pequenos roedores em regiões nórdicas (Donazar, 1987; Donazar, 1989; Donazar *et al.*, 1989).

A percentagem de insetívoros, tal como os lagomorfos, também foi menor em regiões de elevada latitude. Tal dever-se-á ao facto de espécies como o ouriço-terrestre serem mais importantes na dieta de populações de bufo-real no Sudeste Europeu (Sándor & Ionescu, 2009), surgindo em menor quantidade na dieta nas regiões nórdicas. Para além disso, os ouriços e as ratazanas são duas das presas substitutas principais capturadas pelo bufo-real, ainda que, por si só, não lhe forneçam um valor energético idêntico ao do coelho (Marchesi *et al.*, 2002; Penteriani *et al.*, 2002). Os resultados obtidos também confirmam a importância dos ouriços na dieta, tendo por base todo os registos ao longo do Paleártico.



Verificou-se também que a percentagem de aves de rapina noturnas presentes na dieta do bufo-real foi tanto menor quanto maior a latitude. Isto poderá dever-se ao aumento da disponibilidade de presas, nomeadamente da predação sobre os roedores, com o aumento da latitude, já que uma redução da predação sobre as aves de rapina poderá indicar a abundância de alimento em determinadas regiões (Lourenço, 2006). Por outro lado, e mais plausivelmente, tal resultado também poderá estar relacionado com os biomas predominantes nas regiões mais a norte. Sabendo que o tipo de vegetação pode determinar a disponibilidade das presas e afetar a facilidade de deteção e captura das mesmas (Cui *et al.*, 2008; Shin *et al.*, 2013), é possível que espécies, nomeadamente de aves de rapina, estejam abrigadas pela elevada densidade de árvores existente, tornando-as presas mais difíceis de capturar.

De um modo geral, tanto a proporção de mamíferos como a de aves não variou significativamente com a latitude, o que poderá indicar uma frequência de consumo relativamente constante de ambos os grupos ao longo da distribuição do bufo-real, embora com uma dominância clara dos mamíferos (Alvizatos *et al.*, 2005).

Relativamente à diversidade trófica do bufo-real, os resultados obtidos com o índice de Shannon foram concordantes com os do índice de Simpson. O bufo-real apresenta, no geral, uma dieta mais diversificada nas regiões a sul do que naquelas a norte. Isto poderá dever-se à especialização no consumo de roedores com o aumento da latitude e ao consequente decréscimo do consumo de outras ordens (Korpimäki & Marti, 1995; Lozano *et al.*, 2006).

Embora a variação do peso médio das presas não tenha sido significativa, possivelmente devido ao facto de o bufo-real compensar a sua dieta com espécies alternativas para alcançar um valor energético idêntico ao das suas presas principais (Hiraldo *et al.*, 1976), registou-se uma aparente tendência negativa com o aumento da latitude. Ainda assim, Tobajas *et al.* (2015) refere que o peso das espécies tende a ser superior em latitudes elevadas, ainda que isto possa aplicar-se apenas à região mediterrânica ou à Península Ibérica.

#### **4.1.2. Longitude**

Verificou-se que os resultados relativos à variação da dieta com a longitude foram bastante diferentes nas orlas e nas regiões centrais do Paleártico, não refletindo propriamente um efeito de continuidade nem uma relação muito linear essas variáveis. Isto poderá ser explicado principalmente pela continentalidade, cujo efeito aumenta com a distância à costa (Bruch *et al.*,

2011). Todavia, neste subcapítulo especulam-se outras causas, com relevância ecológica, que poderão também explicar os resultados observados.

A longitude teve uma maior influência sobre as presas do bufo-real do que a latitude. As percentagens de lagomorfos e da respetiva biomassa na dieta do bufo-real foram superiores a oeste. Isto estará relacionado com a disponibilidade de coelho e de outros lagomorfos em regiões de menor longitude. Por outras palavras, na Europa temperada o coelho-bravo é uma espécie introduzida, pelo que ocorre em densidades populacionais mais baixas, nessas regiões. Como resultado, a frequência de encontro entre o coelho e o bufo-real é bastante inferior na maior parte do tempo (Hiraldo *et al.*, 1976). Por essa razão, o bufo-real necessita de procurar outras espécies alternativas que tenham um valor nutricional idêntico ao dos coelhos (Penteriani *et al.*, 2002), como, por exemplo, as lebres e certas ordens de aves (Tobajas *et al.*, 2015). Contudo, o género *Lepus* spp. também ocorre numa reduzida densidade em florestas temperadas de caducifólias, ou seja, um tipo de bioma presente na maioria da Europa Central, mas também nas florestas boreais de coníferas, que ocupam a maior parte da Rússia (figura 11) (Donazar *et al.*, 1989). Assim sendo, é de esperar que a frequência de lagomorfos na dieta do bufo-real seja progressivamente menor com o aumento da longitude.

Tal como com os lagomorfos, a percentagem de insetívoros também diminuiu com o aumento da longitude. Porém, os insetívoros são frequentemente consumidos ao longo de todo o Paleártico, quer em maior quer em menor quantidade, de acordo com a base de dados construída. Além disso, são espécies cuja atividade é predominantemente noturna (Amori *et al.*, 2008c), pelo que estão ativos no mesmo período do dia que o bufo-real. Assim sendo, dado que na Europa existem muitos mais registos de bufo-real do que na Ásia, é possível que os resultados sejam influenciados no sentido de favorecer uma maior frequência de consumo de mamíferos insetívoros na Europa do que na Ásia, já que seria de esperar que essa variação não fosse tão significativa.

No caso dos roedores, estes estavam presentes mais frequentemente na dieta do bufo-real em regiões de elevada longitude (*i.e.*, localizadas a este), onde os lagomorfos estarão menos disponíveis. Tal seria expectável uma vez que os roedores são presas importantes para o bufo-real na ausência de outras presas de maior dimensão, como coelhos ou lebres (Sándor & Ionescu, 2009). O género *Rattus* spp. é particularmente frequente na dieta do bufo-real em toda a sua distribuição, uma vez que apresenta uma biomassa adequada para substituir os lagomorfos (Tobajas *et al.*, 2015). Contudo, apresenta uma distribuição espacial irregular e pode estar

indisponível em determinadas regiões, pelo que aí o bufo-real passa a alimentar-se de roedores mais pequenos, nomeadamente das famílias Microtinae, Muridae e Cricetidae, sendo esta última dominante na dieta do predador em áreas de floresta boreal de coníferas (Donázar, 1987; Donázar *et al.*, 1989). Ainda assim, dado que estes pequenos roedores têm uma menor biomassa, o bufo-real tem de caçar um maior número de indivíduos – ainda que, por si só, não sejam suficientes – para obter o valor energético de que necessita (Sándor & Ionescu, 2009; Tobajas *et al.*, 2015). Em suma, isto permite explicar o aumento da percentagem de roedores com o aumento da longitude, bem como a percentagem de biomassa de roedores consequentemente maior na dieta do bufo-real.

Embora a percentagem de aves na dieta do bufo-real não tenha apresentado uma relação significativa com o aumento da longitude, a percentagem de biomassa de aves já se revelou significativa nesse sentido, sendo tanto maior quanto maior a longitude. Tal pode dever-se a uma eventual seleção pelo bufo-real de aves de maior tamanho (e portanto de maior biomassa) nessas regiões já que são, em grande parte, ocupadas por taiga e onde as temperaturas são mais baixas (WWF, 2016a). Essas condições implicam um maior gasto energético pelo predador, tornando-se mais vantajoso capturar presas de maior dimensão para obter o valor nutricional de que necessita mais facilmente (Romanowski & Zmihorski, 2008). Também é possível que a existência de grandes rios na Rússia (onde a longitude é superior) favoreça a captura de aves com um maior peso, como é o caso das aves aquáticas (Donázar, 1989).

Apesar de ser ter verificado um aumento da percentagem de biomassa de aves, as frequências de aves de rapina diurnas e noturnas, de galiformes e de corvídeos eram tanto menores quanto maior a longitude. No caso das rapinas diurnas, tal poderá dever-se à mesma razão dada para a diminuição da frequência de rapinas noturnas com o aumento da latitude, ou seja, a existência de uma fonte alternativa de alimento nessas regiões (Lourenço, 2006), neste caso os roedores. Com os corvídeos a situação poderá ser idêntica, na medida a predação sobre eles depende da comunidade de presas disponível, ainda que constituam uma importante fonte de alimento alternativa (Wassink & Hingmann, 2010). Nesse sentido, a diminuição da percentagem de corvídeos na dieta do bufo-real diminuiu com a longitude possivelmente devido à elevada abundância de roedores nessas regiões. No caso dos galiformes, para além da elevada abundância de roedores, a diminuição da sua percentagem na dieta com o aumento da longitude também poderá dever-se ao aumento da adversidade do clima nessas regiões, atendendo a que

os resultados mostraram um maior consumo de galiformes pelo bufo-real com o aumento da temperatura, tal como será discutido mais à frente.

Sabendo que a percentagem de superpredação foi calculada a partir das percentagens de consumo de carnívoros e de outras aves de rapina, e que ambas diminuíram com a longitude, era expectável que a percentagem de superpredação fosse inferior com o aumento da longitude. Por outro lado, uma maior percentagem de superpredação em regiões mais a oeste poderá significar uma reduzida disponibilidade de presas, obrigando o bufo-real a capturar outros predadores como presas alternativas (Lourenço *et al.*, 2011).

Similarmente às regiões de elevada latitude, a diversidade trófica diminuiu com o aumento da longitude. Uma vez mais, a ordem dos roedores foi a mais frequente na dieta do bufo-real (a percentagem de outras ordens com uma relação significativa com a variação da longitude inclusive diminuiu), pelo que a diversidade ao nível das ordens era mais reduzida em regiões de maior longitude.

O peso médio das presas também era tanto menor quanto maior a longitude, podendo atribuir-se este resultado ao aumento da percentagem de roedores na dieta do bufo-real, já que grande parte das espécies consumidas apresentam um reduzido peso. Por oposição, nas regiões de menor longitude, as ordens que compõem a dieta, por exemplo os lagomorfos, incluem espécies com um peso bastante superior (Tobajas *et al.*, 2015).

#### **4.1.3. Precipitação**

Vários estudos já demonstraram que os mamíferos constituem a principal fonte de alimentação do bufo-real (*e.g.*, Hiraldo *et al.*, 1976; Sándor & Ionescu, 2009). De facto, todos os trabalhos sobre dieta utilizados para construir a base de dados identificavam alguma espécie de mamífero na dieta do bufo-real.

De acordo com os resultados obtidos, apenas a precipitação influenciou significativamente a percentagem de mamíferos (e a respetiva biomassa), na medida em que quanto maior o volume de precipitação numa dada região, menor foi a percentagem de mamíferos presente na dieta. Isto pode ser explicado, em primeiro lugar, pela predominância dos pequenos roedores na dieta do bufo-real nas regiões de estepe e taiga, na sua maioria mais continentais e afastadas do litoral, onde os índices de precipitação anual são inferiores (figura 5). Por outro lado, é expectável a

existência de uma maior abundância e variedade de outras espécies de presas nas regiões mais continentais, onde o clima é mais temperado e o volume de precipitação é superior.

Por outro lado, a precipitação também pode afetar a atividade das próprias presas. Por exemplo, a atividade dos roedores é favorecida pela precipitação em áreas abertas (Romanowski & Zmihorski, 2008), mas a percentagem de roedores não estava significativamente correlacionada com a precipitação. Os lagomorfos como o coelho-bravo e a lebre-europeia *Lepus europaeus* constituem outro exemplo, uma vez que os juvenis de ambas as espécies são particularmente sensíveis à humidade (Rödel & Dekker, 2012). Elevados níveis de precipitação implicam um maior custo metabólico para a termorregulação dos indivíduos, podendo pôr em causa a sua sobrevivência. Para além disso, também favorecem a dispersão de doenças entre as populações (Rödel & Dekker, 2012). Isto poderá assim explicar a diminuição do consumo de lagomorfos com o aumento da precipitação, visto que uma elevada precipitação poderá reduzir a densidade das populações de lagomorfos e pôr em causa a sua disponibilidade para o bufo-real noutras regiões para além da mediterrânica, onde o coelho-bravo é a principal presa (Alivizatos *et al.*, 2005; Penteriani *et al.*, 2002; Sándor & Ionescu, 2009).

Embora a frequência de aves na dieta não esteja significativamente relacionada com a precipitação, a respetiva percentagem de biomassa de aves foi superior com o aumento da precipitação média anual. Isto dever-se-á à menor percentagem de mamíferos (e de lagomorfos) predados sob tais condições, levando à necessidade de encontrar presas alternativas. Visto que as aves são o segundo grupo mais predado pelo bufo-real (Alivizatos *et al.*, 2005), esse resultado seria expectável. Mais ainda, populações de bufo-real, que vivem próximas de áreas húmidas com uma elevada disponibilidade hídrica, podem depender de aves enquanto presas ao longo do ano (Shin *et al.*, 2013; Pukinsky, 1993), em particular aves aquáticas (de maior porte), contribuindo assim para uma maior percentagem de biomassa presente na dieta do bufo-real.

Nem os índices de diversidade nem o peso médio das presas foram influenciados significativamente pela variação da precipitação média anual. O mesmo se verificou para as restantes ordens de presas analisadas. Isto poderá indicar que as outras espécies (que não lagomorfos) normalmente consumidas não são tão influenciadas pela precipitação e a sua frequência na dieta é relativamente constante ao longo da área de distribuição do bufo-real, quer em áreas mais áridas quer com uma maior incidência de precipitação.

#### 4.1.4. Temperatura

A temperatura pode determinar tanto a distribuição e a disponibilidade das presas como a capacidade de caça dos predadores (Romanowski & Zmihorski, 2008; Sharikov & Makarova, 2014). Por exemplo, presas com atividade estacional, como os invertebrados e os anfíbios, tornam-se inativas durante a época mais fria do ano, altura em que também muitas aves migram para Sul, empobrecendo as comunidades de presas locais (Romanowski & Zmihorski, 2008). Contudo, nos meses mais quentes a frequência dessas espécies na dieta tende a aumentar novamente (Donazar, 1989). Além disso, quando as temperaturas são muito baixas, o gasto energético dos predadores é superior, pelo que terão de adaptar as suas estratégias de caça para capturar presas com o maior rendimento possível, ou seja, aquelas que apresentam uma menor razão entre consumo de energia e tempo de captura (Romanowski & Zmihorski, 2008; Terraube & Arroyo, 2011).

Com base nisto, verificou-se que a percentagem de lagomorfos (e da respetiva biomassa) presente na dieta do bufo-real era tanto maior quanto maior a temperatura. É provável que isto se deva ao elevado consumo de coelho-bravo e de outros lagomorfos na região mediterrânica, nomeadamente na Península Ibérica, onde a temperatura média anual é bastante elevada comparativamente a outras sub-regiões paleárticas (figura 6). Para além disso, os lagomorfos são sensíveis também às baixas temperaturas uma vez que podem provocar *stress* térmico e implicam um maior custo metabólico que poderá pôr em causa a sua sobrevivência. Mais ainda, a neve que se encontra associada a regiões com baixas temperaturas também limita o acesso ao alimento e a qualidade do mesmo, o que pode explicar a menor ocorrência de lagomorfos (nomeadamente lebres) na dieta do bufo-real sob essas condições (Rödel & Dekker, 2012).

Verificou-se a existência da mesma relação entre a percentagem de insetívoros e a temperatura. Dado que a análise de regressão linear realizada entre as ordens de presas e as variáveis explicativas não distingue os dados em termos temporais, é possível que a dada altura a população de lagomorfos tenha sofrido um decréscimo devido a uma eventual doença como a mixomatose ou o vírus hemorrágico, ambos incidentes na Península Ibérica (Penteriani *et al.*, 2002; Serrano, 2000). Como consequência, o bufo-real teve de procurar presas alternativas para subsistir e daí poderá ter recorrido aos insetívoros enquanto presas substitutas, sobretudo ouriços, dado que apresentam uma biomassa adequada (Penteriani *et al.*, 2002). Assim sendo, o aumento da frequência de lagomorfos e de insetívoros (sendo ambos os grupos mais abundantes em climas mais quentes) na dieta do bufo-real terá contribuído para o aumento da biomassa de



mamíferos com o aumento da temperatura. Já a percentagem de mamíferos consumidos não apresentou uma relação significativa com a temperatura, uma vez que os mamíferos estão constantemente presentes na dieta, independentemente das condições ambientais.

Por outro lado, a percentagem de roedores (e a respetiva percentagem de biomassa) foi tanto menor quanto maior temperatura. Este resultado estará relacionado com o maior consumo de lagomorfos e de insetívoros nas regiões com uma temperatura média anual superior e onde o bufo-real é capaz de obter alimento suficiente com o valor energético de que necessita. Assim, não precisa de recorrer a outras presas alternativas como os roedores cujo peso médio é, no geral, mais reduzido e que implicam um maior esforço de caça (Tobajas *et al.*, 2015). Mais ainda, a atividade dos roedores é mais reduzida em condições de seca prolongada (Romanowski & Zmihorski, 2008), pelo que nas regiões onde a temperatura média anual é mais elevada poderá haver uma menor disponibilidade hídrica, principalmente durante os meses mais quentes, tal como acontece na região mediterrânica. Sabe-se também que pequenos roedores dominam a dieta do bufo-real em áreas de floresta boreal (Donázar *et al.*, 1989), como no norte asiático, onde a temperatura média anual é bastante mais baixa. Inclusive, mesmo em épocas do ano em que existe uma espessa camada de neve nessas regiões, determinadas espécies de roedores deslocam-se sobre a neve, continuando disponíveis e mais suscetíveis de serem predadas (Romanowski & Zmihorski, 2008), em alternativa a outras presas maiores que se encontram menos ativas durante esses períodos.

Quando existe uma reduzida percentagem de roedores na dieta do bufo-real, é provável que, em certas regiões, o número de aves consumidas aumente (Shin *et al.*, 2013). Contudo, a relação dessa variável com a temperatura não foi significativa.

Ainda assim, verificou-se uma maior percentagem de galiformes e de aves de rapinas noturnas presentes na dieta com o aumento da temperatura. No caso dos galiformes, estes apresentam um tamanho similar ao dos coelhos, pelo que são um importante grupo substituto dos lagomorfos quando estes são pouco abundantes (Tobajas *et al.*, 2015). Já o aumento das aves de rapina noturnas pode significar, tal como já referido num caso anterior, uma reduzida disponibilidade de alimento (Lourenço, 2006), por exemplo num dado período devido a uma das doenças que afetam as populações de coelho. Outra possibilidade é uma redução geral da abundância de presas comuns ao bufo-real e a outras espécies de aves de rapina noturnas. Isto obrigaria a alargar a área de procura de alimento, favorecendo a sobreposição da distribuição dessas espécies e aumentando a predação do bufo-real sobre elas (Serrano, 2000).

Contudo, a percentagem de biomassa de aves foi tanto menor quanto maior a temperatura. Isto poderá significar que, nas regiões com uma elevada temperatura média anual, o bufo-real poderá, por um lado, ter-se alimentado ocasionalmente apenas de aves de pequeno porte (como pequenos passeriformes) e com uma menor biomassa. Por outro lado, nessas regiões poderá ter havido uma maior disponibilidade de mamíferos durante a maior parte do tempo, reduzindo a frequência de predação sobre as aves que, conseqüentemente, contribuíram com uma menor biomassa para a dieta do predador (Korpimäki & Marti, 1995).

Verificou-se também que quanto maior a temperatura, maior foi a diversidade trófica. Isto dever-se-á à elevada diversidade de ordens de espécies encontradas na dieta do bufo-real em regiões com uma elevada temperatura média anual. Tal como já foi explicado anteriormente, é provável que uma eventual redução das principais presas do bufo-real, a dada altura, tenha condicionado a sua alimentação, sendo obrigado a procurar presas alternativas. Como estas por si só não são normalmente suficientes, é necessário capturar uma maior diversidade de presas para atingir os requisitos energéticos de que precisa. Além disso, a riqueza total de espécies é superior nessas regiões, pelo que a disponibilidade de presas é também superior (Donázar, 1987; Lozano *et al.*, 2006).

Já o peso médio das presas aumentou com a temperatura, o que poderá ser o resultado do aumento de consumo de lagomorfos (com maior biomassa) e de insetívoros nas regiões com uma temperatura média anual superior, enquanto que, nas regiões mais frias, predominam na dieta outras presas como os roedores que possuem um menor peso (Donázar *et al.*, 1989; Sándor & Ionescu, 2009).

Afigura-se ainda pertinente referir que o bufo-real é capaz de alterar a sua dieta sazonalmente, de modo a selecionar presas alternativas que apresentem um peso similar ao da sua principal presa. Por essa razão, o aumento em simultâneo da percentagem de lagomorfos, insetívoros e outras aves em regiões de temperatura superior pode ser associado a uma época em que a diversidade de presas era superior (Tobajas *et al.*, 2015; Wassink & Hingmann, 2010). Quer isto dizer que, dada a larga margem temporal dos diversos estudos realizados e utilizados para a base de dados, é provável que, em determinadas alturas, os lagomorfos fossem menos abundantes e, portanto, substituídos por aves de rapina e corvídeos. Noutras ocasiões, porém, os lagomorfos terão sido abundantes, contribuindo assim para os resultados que foram obtidos.

#### **4.1.5. Isotermalidade**

Sabe-se que a distribuição de uma espécie pode ser influenciada pela isotermalidade, isto é, por uma maior ou menor flutuação da temperatura no período de um mês em relação ao resto do ano (O'Donnell & Ignizio, 2012). Isso acontece porque temperaturas extremas implicam adaptações especializadas que podem restringir a área de distribuição de uma dada espécie (Letcher & Harvey, 1994). Por observação da figura 7 verifica-se ainda que os maiores níveis de isotermalidade coincidem com a região mediterrânica e com o sul euroasiático e normalmente pode associar-se uma elevada isotermalidade a regiões com condições desérticas (Letcher & Harvey, 1994).

Sabendo isto, verificou-se que a relação entre a percentagem dos diversos grupos de presas analisados e a variação da isotermalidade era a mesma que se verificou para a temperatura. No entanto, foram exceção a percentagem de galiformes que não foi significativa e as percentagens de aves de rapina diurnas e de corvídeos foram superiores com o aumento da isotermalidade. Estes resultados poderão indicar que a frequência de galiformes na dieta do bufo-real é indiferente às oscilações diárias da temperatura, até porque o consumo de espécies pertencentes a essa ordem é superior em regiões de temperatura mais elevada, tal como mostraram os resultados referentes à temperatura.

Relativamente às aves de rapina e aos corvídeos, é provável que o aumento do consumo desses grupos tenha ocorrido noutras regiões de elevada isotermalidade (para além da região mediterrânica) onde presas como os lagomorfos são menos abundantes. Assim sendo, os corvídeos constituem importantes presas alternativas e, inclusive, possuem um elevado peso médio, tal como indicado por Wassink & Hingmann (2010). Por outro lado, ao contrário das aves de rapina diurnas, o bufo-real apresenta atividade noturna e crepuscular (Cui *et al.*, 2008), pelo que a ocorrência das presas em simultâneo com o predador não deverá ser muito frequente. Contudo, se o número de presas disponíveis for reduzido para o grupo geral de aves de rapina (incluindo o bufo-real), é possível que o aumento da percentagem de rapinas diurnas na dieta se deva à predação intraguilda de forma a eliminar competidores pelo alimento (Serrano, 2000).

#### **4.1.6. Elevação**

Áreas localizadas a uma elevada altitude estão associadas a temperaturas mais baixas, a maiores níveis de sazonalidade e também a uma maior flutuação da disponibilidade de alimento

(Badyaev & Ghalambor, 2001). Para além disso, a variação da elevação está associada ao aumento do número de habitats existentes (Owen, 1990). É também conhecida a tendência do bufo-real para seleccionar habitats de baixa altitude aos quais está associada uma elevada abundância de presas (Marchesi *et al.*, 2002; Sergio *et al.*, 2004).

Sabendo isto, verificou-se que a percentagem de carnívoros consumidos era tanto maior quanto maior a altitude (até aos 1000m). Os carnívoros normalmente apresentam uma elevada massa corporal que lhes permite reter uma maior quantidade de calor, conferindo-lhes uma melhor adaptação à variação das condições ambientais com o aumento da altitude. Para além disso, apresentam normalmente uma maior distribuição e procuram alimento numa maior variedade de habitats do que outras espécies (Owen, 1990; Rahbek, 1997). Essas características conferem rentabilidade aos carnívoros enquanto presas, aumentando a frequência com que são capturados nessas regiões. Outra possível explicação poderá ser o facto de haver uma menor pressão humana em maiores altitudes, favorecendo a abundância na dieta do grupo dos mamíferos nessas áreas.

Embora não tenham apresentado variações significativas, verificou-se uma tendência para a diminuição da frequência dos roedores e dos lagomorfos para determinados valores de altitude superiores. Tal poderá ser explicado pelo facto de a densidade de algumas espécies de lagomorfos e de pequenos roedores diminuir com o aumento da altitude (Marchesi *et al.*, 2002).

Outra explicação trata-se do facto da riqueza de espécies ser inferior em altitudes mais elevadas (Letcher & Harvey, 1994; Owen, 1990; Rahbek, 1997). Assim sendo, haverá, no geral, uma menor disponibilidade de presas para o bufo-real, explicando o aumento da frequência de carnívoros na dieta do predador em altitudes mais elevadas.

Mais ainda, verificou-se também que a percentagem de biomassa de mamíferos era superior em altitudes até aos 1000m, o que é suportado pelo aumento do consumo de carnívoros nessas regiões. Já a percentagem de aves (e a respetiva percentagem de biomassa) foi menor com o aumento da altitude (até aos 2500m), provavelmente devido às condições ambientais adversas associadas a essas regiões, à menor disponibilidade de aves com o aumento da altitude ou até, mais plausivelmente, porque os carnívoros já fornecem ao bufo-real a biomassa de que ele necessita para subsistir (Owen, 1990).

#### **4.1.7. Biodiversidade de mamíferos**

Nas regiões onde a riqueza de mamíferos é superior verificou-se uma diminuição significativa do número de mamíferos consumidos pelo bufo-real. Ao mesmo tempo, a percentagem de aves de rapina diurnas e de corvídeos era superior na dieta do predador. Isto pode ser explicado pela maior variedade de presas disponíveis que poderá ter atraído outros predadores a determinadas regiões. Sendo estes, à partida, mais energeticamente rentáveis, o bufo-real tê-los-á priorizado enquanto presas. Por outro lado, à semelhança de casos anteriores, o maior consumo de aves, nomeadamente de rapinas, também poderá ser o resultado de um *stress* alimentar devido à escassez das presas principais em determinadas regiões (Tobajas et al., 2015).

A percentagem de lagomorfos também foi tanto menor quanto maior a biodiversidade de mamíferos. Isto poderá dever-se a uma maior predação sobre outras aves predadoras nas regiões onde os lagomorfos são mais abundantes, ou à generalização da dieta do bufo-real como resultado da maior variedade de presas disponíveis. Adicionalmente, a maior percentagem de insetívoros predados registada poderá dever-se à coincidência dos períodos de atividade dos mesmos – que possuem, no geral, uma biomassa adequada (Tobajas et al., 2015) – e do bufo-real.

Verificou-se ainda que a diversidade trófica foi tanto maior quanto maior a riqueza de mamíferos. Atendendo a que os mamíferos são a principal fonte de alimento do bufo-real (Alivizatos *et al.*, 2005; Korpimäki & Marti, 1995) e que estaria disponível um elevado número de espécies passíveis de se converterem em suas presas, seria de esperar a elevada diversidade trófica da dieta que se observou nas regiões com uma maior riqueza de mamíferos.

#### **4.1.8. Biodiversidade de aves**

Verificou-se que quanto maior a riqueza de aves numa dada região, maior foi a biomassa de aves presente na dieta do bufo-real. Simultaneamente, a percentagem de insetívoros e a de carnívoros, bem como a percentagem de biomassa de mamíferos consumidos eram inferiores. Isto pode ser explicado por uma menor disponibilidade de mamíferos nas regiões onde as aves são mais abundantes, sendo menos provável a predação sobre esses grupos. Mais ainda, se existe um maior número de aves disponível, então é expectável encontrar uma maior quantidade de aves presente na dieta do predador. Ainda assim, apenas o aumento da percentagem de biomassa foi significativo, embora a percentagem de aves também apresente a mesma tendência positiva. Verificou-se ainda que a percentagem de galiformes era tanto menor quanto maior a riqueza de

aves. Sabendo que, com base nos resultados obtidos sobre a dieta, os galiformes poderão ser mais abundantes em regiões de maior temperatura média anual, o menor consumo dos mesmos pode dever-se às condições ambientais e à estrutura do habitat associadas à maior riqueza de espécies (Letcher & Harvey, 1994). Por outras palavras, os habitats ocupados normalmente pelos galiformes podem não corresponder às áreas de maior riqueza de aves. Como tal, poderão existir outras espécies mais rentáveis (por exemplo, que possam ser encontradas mais próximas do ninho) no sentido de exigirem um menor gasto energético do bufo-real para as capturar, ainda que o seu peso não seja tão adequado quanto o dos galiformes.

Porém, todos os grupos de espécies analisados, à exceção das aves, apresentaram uma tendência negativa (ainda que não significativa), isto é, o seu consumo foi tanto menor quanto maior a riqueza de aves disponível. Deste modo, a justificação dos resultados pode ser simplificada: devido ao seu carácter oportunista, é possível que o bufo-real tire partido da existência de aves em abundância para fazer delas a presa principal em certas regiões, já que o rendimento energético obtido pode ser superior nessas condições (Korpimäki & Marti, 1995; Penteriani *et al.*, 2002).

#### **4.1.9. Biodiversidade total**

Relembrando que a biodiversidade total considerada neste estudo corresponde à soma entre a biodiversidade de mamíferos e a biodiversidade de aves, haverá sempre algum enviesamento dos dados já que não inclui os valores correspondentes à riqueza de outros grupos, nomeadamente dos répteis, dos anfíbios, dos peixes e dos invertebrados. Por outro lado, não existiam dados sobre os mesmos que fossem suficientemente representativos da dieta do bufo-real, pelo que também foram ignorados nas análises, tal como já fora referido anteriormente.

Verificou-se que a percentagem de mamíferos e a respetiva percentagem de biomassa na dieta foram tanto menores quanto maior a biodiversidade total. Por oposição, a percentagem de aves e a respetiva percentagem de biomassa consumida foram tanto maiores quanto maior a biodiversidade total. Logicamente, se há um menor número de mamíferos que é consumido, também a biomassa de mamíferos presente na dieta do bufo-real é inferior. O mesmo se aplica no caso das aves. Também se verificou uma menor percentagem de galiformes consumidos em regiões com uma elevada riqueza de espécies e cuja justificação será idêntica ao caso anterior relativo à biodiversidade de aves.



## 4.2. Outras presas na dieta

Embora os dados existentes não fossem suficientemente representativos da amostra para os incluir na análise estatística, outros grupos de presas como os répteis, os anfíbios, os peixes e os invertebrados também apresentaram variações ao longo do Paleártico. E apesar da sua menor frequência na dieta do bufo-real, algumas espécies, nomeadamente de peixes, poderão, por vezes, contribuir com uma importante percentagem de biomassa para a dieta do bufo-real. Tal como as aves, os peixes são um bom substituto dos lagomorfos em determinadas regiões, para além da mediterrânica (Penteriani *et al.*, 2002), e às quais estão associados grandes rios (Donazar, 1989). De facto, os resultados apresentados nos mapas dos descritores da dieta indicam uma maior percentagem de peixes consumida junto a regiões litorais. Adicionalmente, os anfíbios são também importantes na dieta, em particular as espécies noturnas, cujo período de atividade coincide com o do bufo-real (Pukinsky, 1993). Isto promove a sobreposição da ocorrência das presas e do predador, facilitando a captura das presas. A frequência de *Rana temporaria* na dieta pode corroborar esse facto, visto que foi uma das espécies mais consumidas pelo bufo-real ao longo da sua distribuição.

Por oposição, os répteis são muito menos frequentes do que os anfíbios ou os peixes devido ao seu período de atividade. Por outras palavras, enquanto que o bufo-real é um predador com atividade noturna e crepuscular, os répteis estão ativos apenas no período mais quente do dia, dado que são animais poiquilotérmicos. Isto torna-os menos vulneráveis à predação pelo bufo-real, já que os seus períodos de atividade não coincidem (Hiraldo *et al.*, 1975; Papageorgiou *et al.*, 1993). Apesar disso, verificou-se a existência de algumas regiões excecionais onde o bufo-real consumiu uma maior percentagem de répteis. Tal pode dever-se a uma eventual escassez de outras presas ou um eventual encontro entre répteis e o bufo-real durante o período em que têm menor atividade, dificultando a sua capacidade para escapar.

Com base nos resultados obtidos, em certas regiões, o bufo-real consumiu também uma elevada percentagem de invertebrados. Contudo, este tipo de presas tem um rendimento energético muito reduzido para o bufo-real, sobretudo, tendo em conta que, à partida, são capturadas individualmente (Hiraldo *et al.*, 1976; Papageorgiou *et al.*, 1993). Assim sendo, o seu consumo pode dever-se à escassez de outras presas. Alternativamente, tal como foi sugerido por Hiraldo *et al.* (1976), o consumo pontual de invertebrados pode estar também relacionado com o próprio mecanismo comportamental do bufo-real e com os estímulos que animais como os

insetos emitem. Quer isto dizer que estes podem produzir estímulos mais fortes, através da sua cor ou da emissão de sons, do que outras presas maiores, tornando-os mais atrativos para o predador, visto que o bufo-real depende particularmente da sua visão (mas também da audição) para a captura das suas presas. Porém, o facto de predação sobre presas tão pouco rentáveis pode indicar que a sua capacidade de discernimento para seleccionar as suas presas não é assim tão favorável (Hiraldo *et al.*, 1976).

À semelhança dos mamíferos e das aves, os animais poiquilotérmicos e os invertebrados também parecem ser modelados pelas condições ambientais em que ocorrem (Papageorgiou *et al.*, 1993). Por exemplo, em regiões com secas sazonais, onde a disponibilidade hídrica é reduzida em determinadas alturas do ano, a abundância de anfíbios é muito reduzida e, portanto, serão menos frequentes na dieta do bufo-real. Isto poderá afetar também a quantidade de espécies de peixe disponíveis (Hiraldo *et al.*, 1975). Para além disso, os anfíbios e os invertebrados também se encontram inativos durante o período mais frio do ano, contribuindo mais ainda para o empobrecimento da comunidade de presas existentes numa dada região (Romanowski & Zmihorski, 2008).

Por outro lado, nas regiões desérticas é de esperar uma maior percentagem de invertebrados na dieta (Donazar *et al.*, 1989), já que as elevadas temperaturas conjugadas com a ausência das espécies favoritas do bufo-real poderão condicionar a comunidade de presas disponível. E, logicamente, associado à maior frequência de invertebrados na dieta, é de esperar uma tendência para um menor peso médio das presas consumidas. É provável que os insetos também apareçam mais frequentemente na dieta do bufo-real nas épocas de elevado crescimento populacional, e em conjunto com outras espécies de presas mais comuns, mas também quando presas maiores não são abundantes (Papageorgiou *et al.*, 1993).

Por fim, existem também alguns gradientes geográficos associados à variação da disponibilidade de vertebrados poiquilotérmicos. Korpimäki & Marti (1995) referem a diminuição dessas espécies com o aumento da latitude. É provável que este mesmo gradiente se aplique aos invertebrados e que as temperaturas mais baixas das regiões nórdicas sejam desfavoráveis à atividade desses animais, tornando-os indisponíveis enquanto presas para o bufo-real.

### 4.3. Análise univariada da variável biomas

Anteriormente foi discutida a importância da disponibilidade de presas. Contudo, a estrutura e a composição do habitat são determinantes da dieta do bufo-real, visto que diferentes tipos de vegetação requerem estratégias de caça distintas e também porque afetam a distribuição, a disponibilidade e a composição da comunidade de presas existente numa dada região (Penteriani *et al.*, 2002; Romanowski & Zmihorski, 2008; Shin *et al.*, 2013). Fatores como a topografia (posição e orientação das montanhas), a proximidade ao litoral, a época do ano e as condições atmosféricas são outros exemplos que determinam a forma como as espécies se encontram distribuídas geograficamente (Korpimäki & Marti, 1995; Letcher & Harvey, 1994; Romanowski & Zmihorski, 2008).

Sabendo isto, os resultados indicaram diferenças significativas na percentagem de mamíferos predados pelo bufo-real, entre as florestas boreais e ambos os tipos de florestas temperadas (mistas e de coníferas), mas também entre as florestas boreais e a região mediterrânica.

Embora a diversidade de espécies seja inferior nas florestas boreais dadas as condições climáticas (WWF, 2016a), existe uma elevada ocorrência de roedores que constituem a maioria da dieta do bufo-real nessas regiões (Donázar *et al.*, 1989). E dada a sua pequena biomassa, são também consumidos em número bem mais elevado, contribuindo com uma maior percentagem de mamíferos para a dieta. Por outro lado, a riqueza de espécies também é mais reduzida na Europa temperada do que noutras regiões (Mönkkönen & Viro, 1997), pelo que o bufo-real tenderá a alimentar-se de outros tipos de presas alternativas. Mais ainda, a reduzida densidade de lagomorfos nas regiões temperadas favorece uma menor frequência de mamíferos na dieta do predador (Donázar *et al.*, 1989).

Relativamente à região mediterrânica, dado que esta é uma das áreas que apresenta uma maior riqueza de espécies e uma grande diversidade de habitats (Cuttelod *et al.*, 2008), seria de esperar um maior consumo de mamíferos nessa região do que nas florestas temperadas mistas. Isto pode também explicar a diferença significativa da percentagem de mamíferos entre esses mesmos biomas. Adicionalmente, na região mediterrânica, o coelho-bravo constitui a principal presa do bufo-real quando é abundante (*e.g.*, Alivizatos *et al.*, 2005). Por essa razão, contribui com uma maior percentagem de biomassa para a dieta do predador do que os outros mamíferos

mais pequenos que são consumidos nas florestas temperadas e nas florestas boreais como resultado da reduzida densidade de lagomorfos nessas regiões (Donázar, 1987).

A percentagem de insetívoros mostrou ser significativamente diferente entre a região boreal e ambos os tipos de florestas temperadas. Tal pode ser explicado pelo facto de os insetívoros, nomeadamente o ouriço-terrestre, constituírem as principais presas alternativas em áreas europeias onde a abundância de coelho-bravo é reduzida (Marchesi *et al.*, 2002) e onde predominam as florestas temperadas. Por outro lado, os insetívoros parecem ser mais abundantes nas regiões de temperatura superior, tal como indicaram os resultados obtidos na análise da regressão linear. Assim sendo, seria de esperar que a abundância dos mesmos e a sua frequência na dieta do bufo-real diminuíssem nas regiões boreais onde predominam as baixas temperaturas (WWF, 2016a).

No caso dos roedores, o seu consumo foi significativamente diferente entre as regiões de taiga e as temperadas e entre a região mediterrânica e as florestas temperadas de coníferas; as pradarias, as savanas e os matagais temperados; e ainda a floresta boreal.

Em primeiro lugar, tal como já foi referido anteriormente, os roedores constituem a maior parte da dieta do bufo-real nas regiões boreais (Romanowski & Zmihorski, 2008) e também dominam a dieta do predador em áreas desérticas (Donázar *et al.*, 1989). Em segundo lugar, na região mediterrânica os lagomorfos são a principal presa quando abundantes, pelo que o número de roedores presentes na dieta é inferior nessa área (Donázar *et al.*, 1989).

Por outro lado, nas regiões temperadas com reduzida densidade de coelho, para além do ouriço-terrestre, também as ratazanas *Rattus norvegicus* constituem uma importante presa de substituição, uma vez que apresentam um tamanho adequado para substituir os lagomorfos, são abundantes e encontram-se disponíveis durante todo o ano (Marchesi *et al.*, 2002). Isto permite explicar os valores médios da percentagem de roedores presentes na dieta na região temperada, as percentagens máximas atingidas nas florestas temperadas e os valores mínimos na região mediterrânica. As mesmas justificações podem aplicar-se à diferença significativa da percentagem de biomassa de roedores entre os vários biomas.

Adicionalmente, essa diferença também foi significativa entre as florestas temperadas mistas e as regiões temperadas de pradaria, de savana e de matagal. Isto poderá ser explicado pelo facto de diferentes tipos de vegetação implicarem diferentes estratégias de caça (Romanowski & Zmihorski, 2008), dado que os habitats abertos e com uma maior diversidade

paisagística facilitam a detecção e a captura das presas pelo bufo-real (Cui *et al.*, 2008; Penteriani *et al.*, 2002).

Para além disso, quando há precipitação, a atividade de pequenos roedores tende a aumentar em áreas abertas como campos e pradarias (Romanowski & Zmihorski, 2008). Atendendo a que os resultados obtidos na análise com regressão linear indicaram uma menor percentagem de mamíferos na dieta com níveis elevados de precipitação, é possível que, sob essas condições, o bufo-real tenha conseguido adaptar-se para tirar proveito da maior abundância de roedores, quando outras ordens se encontram menos disponíveis, havendo assim uma maior percentagem de biomassa de roedores presente na sua dieta nessas áreas.

A percentagem de lagomorfos e a respetiva percentagem de biomassa mostraram ser significativamente diferentes entre a região mediterrânica e todos os outros biomas do Paleártico considerados. Este resultado dever-se-á à abundância de lagomorfos (sobretudo de coelho-bravo) na região mediterrânica, principalmente na Península Ibérica, e ao facto de constituírem as principais presas do bufo-real e contribuírem com uma elevada biomassa para a sua dieta. Por outro lado, nos restantes biomas são consumidas outras presas alternativas devido à reduzida densidade de lagomorfos (coelho-bravo e *Lepus* spp.) neles existente.

Relativamente aos carnívoros, a sua captura foi significativamente diferente entre as florestas temperadas de coníferas e as florestas temperadas mistas. Este resultado pode ser explicado pela estrutura paisagística distinta entre ambos os biomas. Por outras palavras, as florestas temperadas de coníferas abrangem tanto áreas junto a zonas costeiras como também áreas montanhosas (WWF, 2016b). Sabe-se também que os carnívoros apresentam largas áreas de ocorrência, procurando alimento numa grande diversidade de habitats. Para além disso, os resultados da regressão linear indicaram uma tendência para o aumento do consumo dessa ordem pelo bufo-real com o aumento da elevação, sendo provável que as regiões montanhosas das florestas temperadas de coníferas sejam favoráveis a um maior consumo de carnívoros. Mais ainda, em áreas de maior elevação há uma menor diversidade de espécies presente, pelo que os carnívoros (com uma maior massa corporal) constituem presas bastante favoráveis para o bufo-real (Owen, 1990).

Quanto à ocorrência de superpredação, verificou-se uma diferença significativa apenas entre as florestas boreais e as florestas temperadas mistas, ou seja, houve, na globalidade, um consumo significativamente maior de carnívoros e de aves de rapina nas regiões temperadas, do que nas regiões boreais. Este resultado dever-se-á à abundância de roedores na dieta nas regiões

boreais, pelo que não são necessárias presas alternativas (Donázar *et al.*, 1989). Por outro lado, nas florestas temperadas mistas os lagomorfos são pouco abundantes, pelo que recorre a presas substitutas (Donázar *et al.*, 1989), entre as quais outras aves de rapina e carnívoros, contribuindo para o aumento da percentagem de superpredação nessas regiões.

A percentagem de aves mostrou ser significativamente diferente entre as florestas temperadas mistas e as florestas boreais e ainda entre as primeiras e a região mediterrânica.

Certas áreas das florestas temperadas mistas são providas de uma avifauna muito rica graças à diversidade da vegetação nelas existente (Tomialojc & Wesolowski, 2004), pelo que a disponibilidade de aves para o bufo-real preda é elevada nessas regiões. E, uma vez que nas regiões temperadas o bufo-real necessita de encontrar mais presas alternativas aos lagomorfos, eventualmente, irá surgir uma maior percentagem de aves na sua dieta. Por outro lado, nas florestas boreais não só as aves são menos abundantes devido às baixas temperaturas (Cui *et al.*, 2008), como também os roedores já serão suficientes para satisfazer a maioria das necessidades energéticas do bufo-real.

Relativamente à região mediterrânica, os lagomorfos compõem a maior parte da dieta (*e.g.*, Alivizatos *et al.*, 2005), pelo que era de esperar uma menor percentagem de aves predada. Os resultados foram idênticos para a percentagem de biomassa de aves, ainda que tenha sido também significativamente diferente entre as florestas temperadas de coníferas e as florestas boreais. Isto poderá resultar de um maior consumo de aves pelo bufo-real nas regiões temperadas.

Os resultados relativos à percentagem de galiformes não foram significativos, o que poderá indicar uma relativa constância do consumo de espécies dessa ordem ao longo dos diferentes biomas. Uma vez que as aves (incluindo galiformes como a perdiz *Alectoris rufa*) e os micromamíferos (nomeadamente, a ratazana *Rattus norvegicus*) constituem uma importante parte da dieta em regiões onde os lagomorfos são escassos, é provável que o bufo-real cace galiformes (cujo tamanho e biomassa são adequados) quando disponíveis ao longo de toda a sua distribuição (Hiraldo *et al.*, 1975).

A percentagem de aves rapinas diurnas presente na dieta do bufo-real era significativamente diferente apenas entre as florestas boreais e as florestas temperadas mistas. As temperaturas baixas associadas a uma menor disponibilidade de alimento poderão promover uma menor ocorrência de aves de rapina na dieta nas regiões boreais. Para além disso, tal como já tem vindo a ser referido, a maior parte da dieta do bufo-real é constituída por roedores nessas



regiões. Contudo, devido à diversificação da dieta como resultado da ausência de presas ótimas nas regiões temperadas da Europa, pode ser favorecido o consumo de presas alternativas, nomeadamente outras aves de rapina (Donázar, 1987).

As mesmas justificações descritas para as rapinas diurnas poderão aplicar-se ao caso das aves de rapina noturnas visto que a sua predação foi significativamente diferente entre as florestas boreais e ambos os biomas de florestas temperadas. Adicionalmente, também foi significativamente diferente entre as florestas boreais e a região mediterrânica. Tal pode resultar da reduzida necessidade de presas alternativas nas regiões boreais devido à abundância de roedores na dieta (Donázar et al., 1989), pelo que o número de rapinas na dieta é menor nessas áreas (aliado também às condições ambientais adversas).

Por outro lado, se os lagomorfos forem menos abundantes em algumas áreas da região mediterrânica (relembrando a questão das doenças que afetam as populações de coelho-bravo), dado que o bufo-real também é uma ave de rapina noturna, é possível esperar um aumento da competição pelo alimento disponível com outros Strigiformes, uma vez que os seus períodos de atividade se sobrepõem. A predação sobre outros competidores pode, assim, conduzir a um maior número de aves de rapina noturnas presente na dieta (Serrano, 2000). Mais ainda, a sobreposição dos períodos de atividade e da competição entre Strigiformes também poderá explicar a maior percentagem de rapinas noturnas consumidas na maioria dos biomas em oposição à menor percentagem de rapinas diurnas presentes na dieta.

Verificou-se que a percentagem de corvídeos era significativamente diferente entre as florestas boreais e as florestas temperadas mistas e de coníferas. Os corvídeos são presas alternativas importantes em determinadas regiões europeias, sobretudo sazonalmente quando outras presas não estão disponíveis. Por exemplo, na Holanda a abundância de pombo-torcaz *Columba palumbus*, a presa principal nessa região, é reduzida no verão, pelo que outras espécies, incluindo de corvídeos, são predadas como substitutas (Wassink & Hingmann, 2010). Isto poderá explicar o maior consumo de corvídeos nas regiões temperadas por oposição às florestas boreais onde as baixas temperaturas são também pouco favoráveis.

Tanto o índice de Shannon como o índice de Simpson eram significativamente diferentes entre as florestas boreais e ambos os tipos de florestas temperadas e também a região mediterrânica.

A diversidade de presas na dieta poderá ser explicada pela variação da biodiversidade associada ao tipo de presas existente entre as diferentes regiões. Quer isto dizer que, na região

mediterrânea, por exemplo, se o coelho-bravo for abundante, então a maior parte da dieta do bufo-real será composta por lagomorfos e apenas por uma pequena proporção de outros grupos ou espécies, logo a diversidade trófica será menor (Hiraldo et al., 1976). A situação das florestas boreais também é idêntica, na medida em que os roedores são abundantes na dieta e que a riqueza de espécies existente nessa região é inferior, havendo um menor consumo de outros grupos ou espécies.

Por outro lado, nas florestas temperadas europeias os lagomorfos ocorrem em baixa densidade, pelo que o bufo-real necessita de capturar uma maior variedade de presas consoante as espécies que estão disponíveis, de modo a conseguir obter o rendimento energético de que necessita. Consequentemente, a dieta torna-se mais variada e o índice de Shannon aumenta nessas regiões.

Por fim, o peso médio das presas foi significativamente diferente entre ambos os biomas de florestas temperadas e entre a região mediterrânea e os restantes biomas considerados, exceto nas florestas temperadas mistas.

No caso da região mediterrânea, onde o peso médio das presas atinge os valores mais elevados, esse resultado deve-se ao maior consumo de lagomorfos que apresentam uma elevada massa corporal (Donazar et al., 1989; Penteriani et al., 2002).

Relativamente às florestas temperadas, a diferença pode resultar, por um lado, da maior diversidade estrutural da vegetação existente nalgumas áreas das florestas temperadas mistas, permitindo assim albergar uma maior variedade de espécies (Tomialojc & Wesolowski, 2004; WWF, 2016b). Além disso, nessas regiões é comum o consumo de pequenos mamíferos como os ouriços-terrestres, ratazanas e outras espécies alternativas de massa corporal mais elevada ou equivalente à do coelho-bravo, contribuindo assim para um peso médio das presas superior (Donazar, 1987).

#### **4.4. Importância relativa das variáveis - inferência com multimodelos**

Depois de analisadas as relações lineares entre as diferentes variáveis, é clara a influência simultânea de vários fatores em cada uma das variáveis resposta. Por outras palavras, as condições ambientais, a estrutura dos habitats e as condições climáticas interagem entre si para determinar a composição das comunidades e a subsequente disponibilidade de presas, mas também a capacidade de adaptação do bufo-real às diferentes características do meio onde se

insere, ao longo de toda a sua distribuição (Penteriani *et al.*, 2002; Romanowski & Zmihorski, 2008; Shin *et al.*, 2013; Terraube & Arroyo, 2011).

Verificou-se que a precipitação é a variável que mais contribui para explicar a variação da percentagem de mamíferos na dieta do bufo-real. A principal causa poderá ser o facto de os roedores predominarem na dieta nas regiões de estepe e taiga e ainda em regiões mais continentais, onde a precipitação média anual é inferior. Por oposição, haverá uma maior diversidade de presas disponíveis nas regiões onde os índices de precipitação são superiores, contribuindo para uma menor frequência de mamíferos na dieta.

No caso dos roedores, a sua presença na dieta é fundamentalmente influenciada de igual modo pela latitude e pela longitude. Isto estará relacionado com a disponibilidade de lagomorfos, já que estes são mais abundantes na região mediterrânica, delimitada por valores de latitude médios, sendo substituídos progressivamente pelos roedores em regiões mais a norte e a este (Donazar *et al.*, 1989).

Para além da latitude e da longitude, a variação da percentagem de lagomorfos na dieta também pode ser explicada, com igual importância relativa, pela biodiversidade de mamíferos e pela precipitação. Quando os lagomorfos são abundantes, há uma menor necessidade para encontrar presas alternativas (Donazar *et al.*, 1989), pelo que outras ordens, nomeadamente de mamíferos, serão menos frequentes na dieta. A abundância e a disponibilidade dos lagomorfos na região mediterrânica também são favorecidas por uma menor precipitação anual, tal como foi já explicado anteriormente.

Relativamente à percentagem de aves, a precipitação e a elevação são as variáveis com a maior importância relativa para explicar a sua variação na dieta. Uma maior abundância de aves em regiões menos continentais, com um clima mais temperado e maiores índices de precipitação anual poderá explicar esse resultado. Em contrapartida, uma menor disponibilidade de aves a altitudes elevadas contribui para uma menor frequência das mesmas na dieta (Owen, 1990).

A biodiversidade de mamíferos é a variável que melhor explica a variação da percentagem de superpredação na dieta do bufo-real. Tal dever-se-á ao facto de a superpredação ser mais acentuada quando existe *stress* alimentar, ou seja, quando existem poucas presas disponíveis (Lourenço *et al.*, 2011). E, uma vez que os roedores são abundantes e constituem a maioria da biomassa da dieta nas regiões orientais do Paleártico, o bufo-real não necessita de preda outras aves de rapina ou mamíferos carnívoros (estes também terão uma larga distribuição em reduzida

densidade, pelo que também implicam, na maioria dos casos, um maior esforço de caça, tornando-os pouco rentáveis) (Donázar *et al.*, 1989; Owen, 1990).

A variação do peso médio das presas é, maioritariamente, explicada pela longitude. Neste caso verifica-se novamente a questão da elevada frequência de roedores na dieta em regiões mais a este do Paleártico. A maioria dos roedores consumidos apresenta um reduzido peso (sendo exceção as ratazanas *Rattus* spp., que apresentam uma biomassa bastante adequada em substituição do coelho-bravo e de outros lagomorfos; Donázar, 1987), pelo que a percentagem de biomassa tende a diminuir em elevadas longitudes por oposição a regiões como a mediterrânica onde os lagomorfos contribuem com a maioria da biomassa consumida (Donázar *et al.*, 1989).

Por fim, a biodiversidade de mamíferos é a variável que melhor explica a variação da diversidade trófica (índice de Shannon), uma vez que a elevada disponibilidade de mamíferos e a elevada diversidade de presas contribuem para a diversificação trófica do bufo-real (Terraube & Arroyo, 2011).

#### **4.5. Análise temporal**

Para além dos fatores ambientais e geográficos também a componente temporal é importante para determinar a disponibilidade da comunidade de presas e, consequentemente, a subsistência das populações de bufo-real. A estabilidade, ou seja, a constância no tempo das populações é particularmente importante nesse sentido, sobretudo porque populações localizadas a sul são normalmente mais estáveis no tempo do que as populações a norte (Korpimäki & Marti, 1995).

Outro aspeto importante trata-se dos ciclos populacionais (muito frequentes em roedores) que conduzem a alterações temporais da dieta de um predador a diferentes escalas espaciais (Moleón *et al.*, 2009). Também os surtos de doenças são responsáveis por padrões temporais característicos. É um exemplo frequente a disseminação da mixomatose e da febre hemorrágica nas populações de coelho-bravo da Península Ibérica, que conduziram ao desaparecimento de um número muito elevado de indivíduos nas últimas décadas (Villafuerte *et al.*, 1995). Como consequência, as populações de bufo-real também diminuíram devido à falta de alimento (Martinez & Calvo, 2001; Martínez & Zuberogoitia, 2001; Penteriani *et al.*, 2002). Tais acontecimentos também permitiram inferir que o bufo-real não é capaz de subsistir apenas com

base em pequenos mamíferos, necessitando de uma dieta variada na ausência de grandes presas como o coelho (Donázar, 1987; Serrano, 2000).

Com base nos resultados obtidos, verificou-se que a percentagem de mamíferos (ainda que com alguma incerteza) e a percentagem de biomassa de mamíferos presentes na dieta do bufo-real eram superiores nos anos mais recentes. Isto pode dever-se à redução das populações de presas alternativas como as aves, nomeadamente galiformes, e de outras espécies de maior dimensão. Atendendo a que os resultados abrangem todo o Paleártico, noutras regiões de maior longitude é possível que o maior número de mamíferos na dieta seja o resultado de uma maior predação sobre pequenos mamíferos como os roedores.

Já a percentagem de galiformes na dieta diminuiu nas últimas décadas. Isto pode sugerir que a predação sobre eles diminuiu ao longo dos anos (Papageorgiou *et al.*, 1993). Desse modo, é possível que a frequência de caça pelo homem sobre espécies cinegéticas tenha aumentado, conduzindo, à redução da abundância e da densidade a que as mesmas ocorrem nos seus habitats e na dieta do bufo-real.

Todavia, seria de esperar um conjunto de resultados diferente, ou seja, esperava-se que a diversidade da dieta e a percentagem de superpredação variassem mais significativamente ao longo do tempo, o que não se verificou. Dada a escala em que este estudo foi realizado, é possível que esses fenómenos se verifiquem em determinadas regiões ao nível das comunidades, mas o mesmo não aconteça ao longo de toda a área de estudo (em macro-escala espacial). Korpimäki & Marti (1995) também referiram que alguns padrões de diversidade de espécies dependem, entre outros fatores, da escala que é utilizada para procurar a existência desses mesmos padrões.

## 5. Conclusões

De acordo com os resultados obtidos, a dieta do bufo-real não depende de um único fator independente, mas sim da interação de diversos fatores ambientais e ecológicos que modelam a distribuição e a disponibilidade de presas, o tipo de habitat onde estas ocorrem e a própria eficiência de caça do predador. Este possui a capacidade de adaptar o seu comportamento trófico (desde as estratégias de caça ao tipo de presas a que dá prioridade em função do seu rendimento energético) aos diferentes ambientes existentes ao longo da sua distribuição no Paleártico.

Graças à elevada plasticidade do bufo-real, este predador pode especializar-se em certos tipos de presas, em regiões onde estas são abundantes. Alternativamente, pode tornar-se generalista noutras regiões onde as presas que tem disponíveis são menos rentáveis ou ocorrem em menor densidade e abundância. A sua capacidade para se especializar em diferentes climas e habitats, consoante o tipo de presas que tem disponíveis, confere-lhe a elevada adaptabilidade que lhe permitiu subsistir numa tão grande variedade de habitats.

Embora seja importante conhecer as interações entre um predador e as suas presas ao nível das comunidades, estudos de dieta realizados a uma larga escala espacial permitem detetar certos padrões comportamentais tanto dos predadores como das próprias presas. Quer isto dizer que este tipo de estudos permite averiguar alterações na distribuição e na disponibilidade das populações de presas, bem como avaliar a variação destas ao longo do tempo. No entanto, muitos dos processos envolvidos ocorrem a escalas locais que não se traduzem necessariamente num padrão contínuo facilmente observável. Um exemplo disso é a longitude, cujo efeito na composição da dieta do bufo-real se deveu sobretudo ao efeito da continentalidade.

Para além disso, podem também ajudar a prevenir a ameaça a mesopredadores resultante da superpredação exercida pelos predadores de topo, como o bufo-real, como consequência da escassez de alimento. Deste modo, a determinação da frequência de presas que são comuns na dieta de diferentes predadores poderá facilitar a implementação de ações de conservação no sentido de favorecer a subsistência tanto das populações de presas como de outros predadores vulneráveis.

Em suma, este estudo permitiu conhecer melhor os padrões associados à dieta do bufo-real e à elevada capacidade de adaptação do predador a diferentes habitats, podendo tornar-se um ponto de partida para trabalhos futuros. Por exemplo, seria pertinente relacionar a dieta do bufo-real com a abundância das suas principais presas ao longo do Paleártico e perceber de que modo as populações evoluem ao longo do tempo. Outra hipótese seria prever a evolução da dieta e da distribuição do bufo-real ao longo do tempo, atendendo às alterações climáticas que se prevêm para o futuro.

## Referências bibliográficas:

- Alivizatos, H., Goutner, V., & Zogaris, S. (2005). Contribution to the study of the diet of four owl species (Aves, Strigiformes) from mainland and island areas of Greece. *Belgian Journal of Zoology*, 135(2), 109–118.
- Amori, G., Hutterer, R., Kryštufek, B., Mitsain, G., Palomo, L. J., & Yigit, N. (2008). *Microtus arvalis*, Common Vole. Consultado a 1 de Janeiro de 2016. Disponível em: <http://www.iucnredlist.org/details/13488/0>
- Amori, G., Hutterer, R., Kryštufek, B., Yigit, N., Mitsain, G., & Palomo, L. J. (2008). *Erinaceus concolor*. Consultado a 3 de Março de 2016. Disponível em <http://www.iucnredlist.org/details/40605/0>
- Badyaev, A. V., & Ghalambor, C. K. (2001). Evolution of Life Histories Along Elevational Gradients: Trade-Off Between Parental Care and Fecundity. *Ecological Society of America*, 82(10), 2948–2960.
- Bionda, R., & Brambilla, M. (2012). Rainfall and landscape features affect productivity in an alpine population of Eagle Owl *Bubo bubo*. *Journal of Ornithology*, 153(1), 167–171.
- Bruch, A. A., Utescher, T., & Mosbrugger, V. (2011). Precipitation patterns in the Miocene of Central Europe and the development of continentality. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 304(3-4), 202–211.
- Burnham, K. P., & Anderson, D. R. (2002). Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach (2nd ed). *Ecological Modelling* (Vol. 172).
- Burnham, K. P., Anderson, D. R., & Huyvaert, K. P. (2011). AIC model selection and multimodel inference in behavioral ecology: some background, observations, and comparisons. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 65(1), 23–35.
- Buzas, M. A. (1972). Patterns of Species Diversity and Their Explanation. *Taxon*, 21(2/3), 275–286.
- Cochet, G. (2006). *Le grand-duc d'Europe*. Delachaux et Niestlé, Les Sentiers du Naturalist, 18.
- Cui, Q., Su, J., & Jiang, Z. (2008). Summer diet of two sympatric species of raptors Upland Buzzard (*Buteo hemilasius*) and Eurasian Eagle Owl (*Bubo bubo*) in alpine meadow: Problem of coexistence. *Polish Journal of Ecology*, 56(1), 173–179.
- Cuttelod, A., García, N., Malak, D. A., & Temple, H. (2008). The mediterranean: A biodiversity hotspot under threat. *The 2008 Review of The IUCN Red List of Threatened Species.*, 16.
- Donázar, J. A. (1987). Biology and Conservation of Northern Forest Owls. Em *Symposium Proceedings*, 220–224.
- Donázar, J. A. (1989). Variaciones geograficas y estacionales en la alimentacion del buho real (*Bubo bubo*) en Navarra. *Ardeola*, 36(1), 25–39.
- Donázar, J. A., Hiraldo, F., Delibes, M., & Estrella, R. R. (1989). Comparative food habits of the eagle owl *Bubo bubo* and the great horned owl *Bubo virginianus* in six Palearctic and Nearctic biomes. *Ornis Scandinavica*, 20(4), 298–306.
- Equipa Atlas (2008). Atlas das Aves Nidificantes em Portugal (1999-2005). Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade, Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, Parque Natural da Madeira e Secretaria Regional do Ambiente e do Mar. *Assírio e Alvim*, Lisboa.



- Fuentes, M. (1992). Latitudinal and Elevational Variation in Fruiting Phenology Among Western-European Bird-Dispersed Plants. *Ecography*, 15, 177–183.
- Hengl, T. (2009). A Practical guide to Geostatistical Mapping. *Scientific and Technical Research series*.
- Hiraldo, F., Andrada, J., & Parreño, F. F. (1975). Diet of the Eagle Owl (*Bubo bubo*) in Mediterranean Spain. *Acta Vertebrata*, 2(2), 161–177.
- Hiraldo, F., Parreño, F. F., Andrada, V., & Amores, F. (1976). Variations in the food habits of the european Eagle Owl (*Bubo bubo*). *Acta Vertebrata*, 3(2), 137–156.
- ICNF (2005). Bufo-real. Em *Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal*, 337–338.
- König, C., & Weick, F. (2009). Eurasian Eagle Owl (*Bubo bubo*). Em *Owls of the World* (2ª edição., 323–325). Yale University Press.
- Korpimäki, E., & Marti, C. D. (1995). Geographical trends in trophic characteristics of mammal-eating and bird-eating raptors in Europe and North America. *The Auk*, 112(4), 1004–1023.
- Kreft, H., & Jetz, W. (2010). A framework for delineating biogeographical regions based on species distributions. *Journal of Biogeography*, 37(11), 2029–2053.
- Letcher, A. J., & Harvey, P. H. (1994). Variation in Geographical Range Size Among Mammals of the Palearctic. *The American Naturalist*, 144(1), 30–42.
- Letnic, M., Greenville, A., Denny, E., Dickman, C. R., Tischler, M., Gordon, C., & Koch, F. (2011). Does a top predator suppress the abundance of an invasive mesopredator at a continental scale? *Global Ecology and Biogeography*, 20(2), 343–353.
- Lourenço, R. (2006). The Food Habits of Eurasian Eagle-Owls in Southern Portugal. *Journal Of Raptor Research*, 40(4), 297–300.
- Lourenço, R. (2011). Superpredation patterns in four large European raptors, 175–185.
- Lourenço, R., Campioni, L., Korpima, E., & Penteriani, V. (2015). Evaluating the influence of diet-related variables on breeding performance and home range behaviour of a top predator, 1–12.
- Lourenço, R., Santos, S. M., Rabaça, J. E., & Penteriani, V. (2011). Superpredation patterns in four large european raptors. *Population Ecology Journal*, 53, 175–185.
- Rijin, P. C. J. (2002). *The Impact of Supplementary Food on a Preu-Predator Interaction*. FNWI: Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics (IBED), FNWI: Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics (IBED), 237-257.
- Lozano, J., Moleón, M., & Virgós, E. (2006). Biogeographical patterns in the diet of the wildcat, *Felis silvestris* Schreber, in Eurasia: Factors affecting the trophic diversity. *Journal of Biogeography*, 33(6), 1076–1085.
- Marchesi, L., Sergio, F., & Pedrini, P. (2002). Costs and benefits of breeding in human-altered landscapes for the Eagle Owl *Bubo bubo*. *Ibis*, 144, 164–177.
- Mikkola, H. (1983). Eagle Owl *Bubo bubo*. In Poyser (Ed.), *Owls of Europe* (pp. 69–90). London: Carlton.
- Moleón, M., Sánchez-Zapata, J. A., Real, J., García-Charton, J. A., Gil-Sánchez, J. M., Palma, L., et al. (2009). Large-scale spatio-temporal shifts in the diet of a predator mediated by an emerging infectious disease of its main prey. *Journal of Biogeography*, 36(8), 1502–1515.

- Mönkkönen, M., & Viro, P. (1997). Taxonomic diversity of the terrestrial bird and mammal fauna in temperate and boreal biomes of the northern hemisphere. *Journal of Biogeography*, 24(5), 603–612.
- Mouchet, M., Levers, C., Zupan, L., Kuemmerle, T., Plutzar, C., Erb, K., *et al.* (2015). Testing the Effectiveness of Environmental Variables to Explain European Terrestrial Vertebrate Species Richness across Biogeographical Scales. *Plos One*, 10(7), 1–16.
- O'Donnell, M. S., & Ignizio, D. A. (2012). Bioclimatic Predictors for Supporting Ecological Applications in the Conterminous United States. *U.S Geological Survey Data Series 691*, 10.
- Olson, D. M., Dinerstein, E., Abell, R., Allnutt, T., Carpenter, C., *et al.* (2000). The Global 200: A Representation Approach to Conserving the Earth's Distinctive Ecoregions.
- Olson, D. M., Dinerstein, E., Wikramanayake, E. D., Burgess, N. D., Powell, G. V. N., Underwood, E. C., *et al.* (2001). Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth. *BioScience*, 51(11), 933–938.
- Owen, J. G. (1990). Patterns of Mammalian Species Richness in Relation to Temperature, Productivity, and Variance in Elevation. *Journal of Mammalogy*, 71(1), 1–13.
- Papageorgiou, N. K., Vlachos, C. G., & Bakaloudis, D. E. (1993). Diet and nest site characteristics of Eagle Owl (*Bubo bubo*) breeding in two different habitats in north-eastern Greece. *Avocetta*, 17, 49–54.
- Penteriani, V., Gallardo, M., & Roche, P. (2002). Landscape structure and food supply affect eagle owl (*Bubo bubo*) density and breeding performance: a case of intra-population heterogeneity. *Journal Of Zoology*, 257, 365–372.
- Pukinsky, Y. B. (1993). *The birds of Russia and contiguous Regions: Pterocliiformes, Columbiformes, Cuculiformes, Strigiformes*. Moscovo: Nauka, 270-290.
- Quinn, G., & Keough, M. (2002). *Experimental Design and Data Analysis for Biologists. The effects of brief mindfulness intervention on acute pain experience: An examination of individual difference* (Vol. 1). Cambridge University Press.
- Rahbek, C. (1997). The relationship among area, elevation, and regional species richness in neotropical birds. *The American Naturalist*, 149(5), 875–902.
- Rödel, H. G., & Dekker, J. J. A. (2012). Influence of weather factors on population dynamics of two lagomorph species based on hunting bag records. *European Journal of Wildlife Research*, 58(6), 923–932.
- Romanowski, J., & Zmihorski, M. (2008). Effect of season, weather and habitat on diet variation of a feeding-specialist: a case study of the long-eared owl, *Asio otus* in Central Poland. *Folia Zoologica*, 57(4), 411–419.
- Ruedas, L. (2008). *Rattus norvegicus*. Consultado a 8 de Março de 2016. Disponível em <http://www.iucnredlist.org/details/19353/0>
- Sándor, A. D., & Ionescu, D. T. (2009). Diet of the eagle owl (*Bubo bubo*) in Braşov, Romania. *North-Western Journal of Zoology*, 5(1), 170–178.
- Schweiger, A., Fünfstück, H. J., & Beierkuhnlein, C. (2014). Availability of optimal-sized prey affects global distribution patterns of the golden eagle *Aquila chrysaetos*. *Journal of Avian Biology*, 46(1), 81–88.
- Serrano, D. (2000). Relationship Between Raptors and Rabbits in the Diet of Eagle Owls in

- Southwestern Europe: Competition Removal or Food Stress? *Journal of Raptor Research*, 34(4), 305–310.
- Sharikov, A., & Makarova, T. (2014). Weather conditions explain variation in the diet of Long-eared Owl at winter roost in central part of European Russia. *Ornis Fennica*, 91(2), 100–107.
- Shin, D., Yoo, J., & Jeong, D. (2013). Spatial variation of Eurasian Eagle-Owl diets in wetland and non-wetland habitats in west-central Korea. *J. Raptor Res.*, 47(4), 400–409.
- Smith, A. T., & Boyer, A. F. (2008). *Oryctolagus cuniculus*. Consultado a 11 de Março de 2016. Disponível em <http://www.iucnredlist.org/details/41291/0>
- Terraube, J., & Arroyo, B. (2011). Factors influencing diet variation in a generalist predator across its range distribution. *Biodiversity and Conservation*, 20(10), 2111–2131.
- Tobajas, J., Fernandez-de-Simon, J., Díaz-Ruiz, F., Villafuerte, R., & Ferreras, P. (2015). Functional responses to changes in rabbit abundance: is the eagle owl a generalist or a specialist predator? *European Journal of Wildlife Research*, 1-9.
- Tomialojc, L., & Wesolowski, T. (2004). Diversity of the Bialowieza Forest avifauna in space and time. *Journal of Ornithology*, 145(2), 81–92.
- Udvardy, M. (1975). A classification of the biogeographical provinces of the world. *IUCN Occasional Paper, International Union for Conservation of Nature and Natural Resources*, (8), 1–50.
- Villafuerte, R., Calvete, C., Blanco, J. C., & Lucientes, J. (1995). Incidence of viral hemorrhagic disease in wild rabbit populations in Spain. *Mammalia*, 59(4), 651–659.
- Wassink, G., & Hingmann, W. (2010). Het dieet van de Oehoe in Nederland en enkele, aangrenzende gebieden in Duitsland. *Limosa*, 83(3), 97–108.
- WWF (2016a). Boreal forests/Taiga. Consultado a 9 de Março de 2016. Disponível em <http://www.worldwildlife.org/biomes/boreal-forests-taiga>
- WWF (2016b). Temperate broadleaf and mixed forests. Consultado a 9 de Março de 2016. Disponível em: <http://www.worldwildlife.org/biomes/temperate-broadleaf-and-mixed-forests>

## Anexo I – Lista de espécies encontradas na dieta do bufo-real

### **Mammalia**

#### **Chiroptera**

*Vespertilio murinus*  
*Rhinolophus ferrumequinum*  
*Nyctalus noctula*  
*Pipistrellus pipistrellus*  
*Pipistrellus savii*  
*Myotis blythii*  
*Myotis bechsteinii*  
*Myotis myotis*  
*Myotis nattereri*  
*Myotis daubentonii*  
*Myotis mystacinus*  
*Eptesicus serotinus*  
*Basbastella basbastella*  
*Plecotus auritus*  
*Tadarida teniotis*

#### **Insectivora**

*Erinaceus europaeus*  
*E. europaeus italicus*  
*Atelerix (=Erinaceus) algirus*  
*Erinaceus concolor*  
*Erinaceus roumanicus*  
*Erinaceus amurensis*  
*Mesechinus dauricus*  
*Hemiechinus auritus*  
*Talpa europaea*  
*Talpa occidentalis*  
*Talpa altaica*  
*Talpa caucasica/coeca*  
*Mogera wogura*  
*Mogera robusta*  
*Desmana moschata*  
*Crocidura russula*  
*Crocidura leucodon (=lasia)*  
*Crocidura suaveolens (=mimula)*  
*Crocidura lasiura*  
*Crocidura sibirica*  
*Sorex minutus*  
*Sorex araneus*  
*Sorex coronatus*  
*Sorex caecutiens*

*Sorex isodon*

*Sorex alpinus*

*Neomys fodiens*

*Neomys anomalus*

*Suncus etruscus*

*Insectivora ni*

#### **Carnivora**

*Felis catus*  
*Canis familiaris*  
*Vulpes vulpes*  
*Meles meles*  
*Martes foina*  
*Martes martes*  
*Martes zibellina*  
*Mustela nivalis*  
*Mustela vison*  
*Mustela lutreola*  
*Mustela erminea*  
*Mustela putorius*  
*Mustela sibirica*  
*Vormela peregusna*  
*Putorius(=Mustela) eversmanni*  
*Genetta genetta*  
*Herpestes ichneumon*

#### **Artiodactyla**

*Capreolus capreolus*  
*Rupicapra rupicapra*  
*Cervus elaphus*  
*Ovis aries*  
*Sus scrofa*

#### **Rodentia**

*Sciurus vulgaris*  
*Sciurus anomalus*  
*Pteromys volans*  
*Eutamias sibiricus*  
*Eliomys quercinus*  
*Glis glis*  
*Muscardinus avellanarius*  
*Cricetus cricetus*  
*Mesocricetus auratus*  
*Mesocricetus brandti*  
*Mesocricetus newtoni*

*Cricetulus barabensis*

*Cricetulus migratorius*

*Cricetulus (=Tscherskia) triton*

*Cricetulus longicaudatus*

*Allocricetulus curtatus*

*Ellobius fuscocapillus*

*Ellobius talpinus*

*Chionomys (=Microtus) nivalis*

*Myopus schisticolor*

*Lagurus lagurus*

*Phodopus sungorus*

*Phodopus campbelli*

*Alticola argentatus*

*Alticola roylei*

*Alticola strelzowi*

*Alticola barakshin*

*Arvicola sapidus*

*Arvicola terrestris*

*Microtus agrestis*

*Microtus duodecimcostatus*

*Microtus nivalis*

*Microtus arvalis*

*Microtus incertus*

*Microtus oeconomus (=ratticeps)*

*Microtus thomasi*

*Microtus gregalis*

*Microtus rossiaemeridionalis*

*Microtus cabrae*

*Microtus savii*

*Microtus (=Pitymys) pyrenaicus*

*Microtus multiplex*

*Microtus guentheri (=socialis)*

*Microtus subterraneus (=majori)*

*Microtus tatricus*

*Microtus irani*

*Microtus carruthersi*

*Microtus kirgisorum*

*Microtus fortis*

*Microtus liechtensteini*

*Microtus brandtii*

*Microtus limnophilus*

*Eolagurus przewalskii*

*Eolagurus luteus*  
*Micromys minutus*  
*Pitymys majori*  
*Pitymys subterraneus*  
*Pitymys pyrenaicus*  
*Spalax (=Nanospalax) leucodon*  
*Spalax microphthalmus*  
*Myospalax baileyi*  
*Myospalax psilurus*  
*Marmota marmota*  
*Marmota bobak*  
*Marmota caudata*  
*Marmota sibirica*  
*Dryomys nitedula*  
*Ondatra zibethicus*  
*Clethrionomys glareolus*  
*Clethrionomys rufocanus*  
*Clethrionomys rutilus*  
*Lemmus lemmus*  
*Rattus rattus*  
*Rattus norvegicus*  
*Rattus turkestanicus*  
*Mus spretus*  
*Mus musculus*  
*Mus domesticus*  
*Mus spicilegus*  
*Mus macedonicus*  
*Apodemus sylvaticus*  
*Apodemus flavicollis (=tauricus)*  
*Apodemus agrarius*  
*Apodemus (=Sylvaemus) microps*  
*Apodemus mystacinus*  
*Apodemus peninsulae*  
*Sicista betulina*  
*Cavia porcellus*  
*Myocastor coypus*  
*Citellus citellus*  
*Citellus (=Spermophilus) major*  
*Citellus (=Spermophilus) pygmaeus*  
*Citellus (=Spermophilus) undulatus*  
*Allactaga major (=jaculus)*  
*Allactaga williamsi*  
*Allactaga elater*

*Allactaga euphratica*  
*Allactaga sibirica*  
*Allactaga bullata*  
*Jaculus jaculus*  
*Spermophilus pygmaeus*  
*Spermophilus undulatus*  
*Myomimus setzeri*  
*Meriones vinogradovi*  
*Meriones tristrami*  
*Meriones libycus*  
*Meriones unguiculatus*  
*Meriones tamariscinus*  
*Dipus sagitta*  
*Salpingotus crassicauda*  
*Stylodipus telum*  
*Pygeretmus pumilio*  
*Psammomys obesus*  
*Meriones meridianus*  
*Rhombomys opimus*  
*Cardiocranius paradoxus*  
**Lagomorpha**  
*Lepus granatensis*  
*Lepus europaeus*  
*Lepus timidus*  
*Lepus capensis*  
*Lepus tolai*  
*Lepus coreanus*  
*Lepus oiostolus*  
*Oryctolagus cuniculus*  
*Ochotona alpina*  
*Ochotona pusilla*  
*Ochotona rutila*  
*Ochotona dauurica*  
*Ochotona pallasii*  
*Ochotona curzoniae*  
*Ochotona cansus*  
*Caprolagus brachyurus (=Lepus brachyurus)*  
**Aves**  
**Podicipediformes**  
*Tachybaptus ruficollis*  
*Podiceps grisegena*  
*Podiceps auritus*  
*Podiceps nigricollis*

*Podiceps cristatus*  
**Pelecaniformes**  
*Phalacrocorax carbo*  
*Phalacrocorax pelagicus*  
*Phalacrocorax (=Microcarbo) pygmeus*  
*Phalacrocorax aristotelis*  
*Phalacrocorax filamentosus (=capillatus)*  
*Butorides striata*  
**Ciconiiformes**  
*Egretta garzetta*  
*Bubulcus ibis*  
*Ixobrychus minutus*  
*Ardeola ralloides*  
*Nycticorax nycticorax*  
*Botaurus stellaris*  
*Ardea cinerea*  
*Ardea purpurea*  
*Platalea leucorodia*  
*Ciconia ciconia*  
*Ciconia nigra*  
*Plegadis falcinellus*  
**Anseriformes**  
*Anser anser*  
*Anser albifrons*  
*Anser domesticus*  
*Cygnus olor*  
*Tadorna tadorna*  
*Tadorna ferruginea*  
*Anas platyrhynchos*  
*Anas crecca*  
*Anas strepera*  
*Anas clypeata*  
*Anas penelope*  
*Anas acuta*  
*Anas querquedula*  
*Anas bahamensis*  
*Anas zonorhyncha*  
*Anas poecilorhyncha*  
*Anas falcata*  
*Netta rufina*  
*Anas domesticus*  
*Oxyura leucocephala*

*Clangula hyemalis*  
*Aythya ferina*  
*Aythya fuligula*  
*Aythya nyroca*  
*Aythya marila*  
*Bucephala clangula*  
*Melanitta nigra*  
*Melanitta fusca*  
*Somateria mollissima*  
*Mergus serrator*  
*Mergus merganser*  
*Mergus albellus*  
*Aix galericulata*  
*Histrionicus histrionicus*

#### **Accipitriformes**

*Pandion haliaetus*  
*Pernis apivorus*  
*Elanus caeruleus*  
*Milvus migrans*  
*Milvus milvus*  
*Circus gallicus*  
*Circus aeruginosus*  
*Circus cyaneus*  
*Circus pygargus*  
*Accipiter gentilis*  
*Accipiter nisus*  
*Accipiter gularis*  
*Buteo buteo*  
*Buteo lagopus*  
*Buteo hemilasius*  
*Hieraaetus pennatus*  
*Falco tinnunculus*  
*Falco naumanni*  
*Falco vespertinus*  
*Falco subbuteo*  
*Falco columbarius*  
*Falco rusticolus*  
*Falco peregrinus*  
*Falco cherrug*  
*Falco biarmicus*

#### **Galliformes**

*Alectoris rufa*  
*Alectoris graeca*  
*Alectoris chukar*

*Alectoris spp.*  
*Perdix perdix*  
*Perdix daurica*  
*Coturnix coturnix*  
*Phasianus colchichus*  
*Bonasa bonasia*  
*Tetrax tetrax*  
*Tetrao tetrix*  
*Tetrao urogallus*  
*Tetrao(=Lyrurus) mlokosiewiczi*  
*Tetraogallus altaica*  
*Tetraogallus himalayensis*  
*Lagopus lagopus*  
*Lagopus mutus*  
*Gallus gallus domesticus*  
*Meleagris gallopavo domestica*  
*Ammoperdix griseogularis*

#### **Gruiformes**

*Gallinula chloropus*  
*Fulica atra*  
*Porphyrio porphyrio*  
*Rallus aquaticus*  
*Rallidae*  
*Porzana porzana*  
*Porzana pusilla*  
*Porzana parva*  
*Crex crex*  
*Tetrax tetrax*  
*Grus grus*

#### **Charadriiformes**

*Recurvirostra avosetta*  
*Himantopus himantopus*  
*Haematopus ostralegus*  
*Vanellus vanellus*  
*Charadrius morinellus*  
*Charadrius alexandrinus*  
*Charadrius dubius*  
*Pluvialis apricaria*  
*Pluvialis squatarola*  
*Burhinus oedienemus*  
*Arenaria interpres*  
*Calidris canutus*  
*Calidris minuta*  
*Calidris alpina*

*Calidris maritima*  
*Calidris ruficollis*  
*Calidris alba*  
*Philomachus pugnax*  
*Limosa limosa*  
*Actitis hypoleucos*  
*Tringa erythropus*  
*Tringa ochropus*  
*Tringa glareola*  
*Tringa totanus*  
*Tringa nebularia*  
*Tringa brevipes*  
*Numenius arquata*  
*Numenius phaeopus*  
*Gallinago gallinago*  
*Scolopax rusticola*  
*Lymnocyrtus minimus*  
*Larus (=Chroicocephalus) ridibundus*  
*Larus argentatus*  
*Larus michahellis*  
*Larus cachinnans*  
*Larus fuscus*  
*Larus marinus*  
*Larus canus*  
*Larus genei*  
*Larus audouinii*  
*Larus crassirostris*  
*Rissa tridactyla*  
*Hydrocoloeus minutus*  
*Stercorarius parasiticus*  
*Sterna hirundo*  
*Sterna macrura*  
*Sternula albifrons*  
*Sterna sandvicensis*  
*Chlidonias niger*  
*Chlidonias leucopterus*  
*Alca torda*  
*Alle alle*  
*Uria aalge*  
*Cephus grylle*  
*Fratercula arctica*  
*Puffinus puffinus*  
*Aethia cristatella*

*Cephus carbo*

*Synthliboramphus antiquus*

*Ciceronia (=Aethia) pusilla*

**Columbiformes**

*Streptopelia turtur*

*Streptopelia decaocto*

*Streptopelia orientalis*

*Streptopelia senegalensis*

*Columba livia dom. racing*

*Columba livia domestica*

*Columba palumbus*

*Columba oenas*

*Columba rupestris*

**Strigiformes**

*Tyto alba*

*Otus scops*

*Otus bakkamoena*

*Otus sunia*

*Bubo bubo*

*Bubo scandiacus (=Nyctea scandiaca)*

*Athene noctua*

*Strix aluco*

*Strix uralensis*

*Strix nebulosa*

*Asio otus*

*Asio flammeus*

*Aegolius funereus*

*Surnia ulula*

*Glaucidium passerinum*

*Nyctea scandiaca*

*Ninox scutulata*

**Caprimulgiformes**

*Caprimulgus europaeus*

*Caprimulgus ruficollis*

*Caprimulgus aegyptius*

**Cuculiformes**

*Cuculus canorus*

*Clamator glandarius*

**Apodiformes**

*Apus apus*

*Apus melba*

*Apus pallidus*

*Apus pacificus*

**Coraciiformes**

*Upupa epops*

*Merops apiaster*

*Alcedo atthis*

*Coracias garrulus*

**Piciformes**

*Picus viridis*

*Picus canus*

*Picoides medius*

*Picoides tridactylus*

*Dendrocopos major*

*Dendrocopos minor*

*Dendrocopos syriacus*

*Dryocopus martius*

*Jynx torquilla*

**Psittaciformes**

*Platyercus eximius*

*Melopsittacus undulatus*

**Passeriformes**

**Corvidae**

*Cyanopica cooki*

*Cyanopica cyanus (=cooki)*

*Pica pica*

*Garrulus glandarius*

*Pyrrhocorax pyrrhocorax*

*Pyrrhocorax graculus*

*Corvus monedula*

*Corvus corone*

*Corvus cornix*

*Corvus corax*

*Corvus frugilegus*

*Corvus dauuricus*

*Nucifraga caryocatactes*

*Perisoreus infaustus*

**Other passeriformes**

*Alauda arvensis*

*Melanocorypha calandra*

*Galerida cristata*

*Galerida theklae*

*Galerida spp.*

*Lullula arborea*

*Delichon urbica*

*Ptyonoprogne rupestris*

*Riparia riparia*

*Hirundo rustica*

*Anthus trivialis*

*Anthus spinoletta*

*Anthus richardi*

*Anthus campestris*

*Anthus pratensis*

*Anthus novaeseelandiae*

*Troglodytes troglodytes*

*Motacilla flava*

*Motacilla alba*

*Cinclus cinclus*

*Prunella collaris*

*Prunella modularis*

*Luscinia svecica*

*Luscinia megarhynchos*

*Luscinia luscinia*

*Cettia cetti*

*Acrocephalus schoenobaenus*

*Acrocephalus arundinaceus*

*Acrocephalus stentoreus*

*Erithacus rubecula*

*Phoenicurus ochruros*

*Phoenicurus phoenicurus*

*Saxicola torquata*

*Oenanthe oenanthe*

*Oenanthe leucura*

*Oenanthe pleschanka*

*Oenanthe isabellina*

*Zoothera dauma*

*Turdus merula*

*Turdus torquatus*

*Turdus philomelos*

*Turdus iliacus*

*Turdus viscivorus*

*Turdus pilaris*

*Turdus pallidus*

*Turdus hortulorum*

*Turdus obscurus*

*Monticola saxatilis*

*Monticola solitarius*

*Hippolais polyglotta*

*Sylvia undata*

*Sylvia cantillans*

*Sylvia melanocephala*



*Sylvia borin*  
*Sylvia atricapilla*  
*Sylvia hortensis*  
*Sylvia nisoria*  
*Phylloscopus bonelli*  
*Phylloscopus collybita*  
*Phylloscopus trochilus*  
*Phylloscopus sibilatrix*  
*Regulus regulus*  
*Regulus ignicapillus*  
*Muscicapa striata*  
*Ficedula hypoleuca*  
*Ficedula parva*  
*Parus major*  
*Parus palustris (=montanus)*  
*Parus ater*  
*Cyanistes caeruleus*  
*Lanius excubitor*  
*Lanius senator*  
*Lanius collurio*  
*Lanius minor*  
*Lanius meridionalis*  
*Lanius cristatus*  
*Sturnus unicolor*  
*Sturnus vulgaris*  
*Sturnus roseus*  
*Acridotheres tristis*  
*Oriolus oriolus*  
*Bombycilla garrulus*  
*Passer domesticus*  
*Passer montanus*  
*Petronia petronia*  
*Fringilla coelebs*  
*Coccothraustes coccothraustes*  
*Pyrrhula pyrrhula*  
*Loxia curvirostra*  
*Serinus citrinella*  
*Serinus serinus*  
*Carduelis spinus*  
*Carduelis carduelis*  
*Carduelis chloris*  
*Carduelis cannabina*  
*Leucosticte arctoa*  
*Montifringilla nivalis*

*Emberiza cirrus*  
*Emberiza schoeniclus*  
*Emberiza cia*  
*Emberiza citrinella*  
*Emberiza hortulana*  
*Miliaria calandra*  
*Sitta tephronota*  
*Sitta europaea*  
*Hypsipetes amaurotis (=Ixos amaurotis; =Microscelis amaurotis)*  
*Eremophila alpestris*  
*Acanthis (=Carduelis) flavirostris*

#### **Pteroclidiformes**

*Syrnoides paradoxus*

#### **Reptilia**

*Lacerta lepida*  
*Lacerta muralis*  
*Lacerta viridis*  
*Lacerta vivipara*  
*Lacerta agilis*  
*Lacerta hispanica*  
*Lacerta saxicola*  
*Psammodromus algirus*  
*Timon lepidus*  
*Tarentola mauritanica*  
*Malpolon monspessulanus*  
*Zamenis longissimus*  
*Elaphe scalaris*  
*Elaphe longissima*  
*Natrix natrix*  
*Natrix maura*  
*Natrix tessellata*  
*Coluber viridiflavus*  
*Coluber (=Dolichophis) caspius*  
*Coluber (=Dolichophis) jugularis*  
*Anguis fragilis*  
*Clemmys caspica*  
*Testudo graeca*  
*Vipera ammodytes*  
*Coronella austriaca*

#### **Amphibia**

*Rana esculenta*  
*Rana temporaria*

*Rana ridibunda*  
*Rana arvalis*  
*Rana perezi*  
*Rana camerani (=macrocnemis)*  
*Rana dalmatina (=agilis)*  
*Hyla arborea*  
*Bufo bufo*  
*Bufo viridis*  
*Bufo (=Pseudepidalea) raddei*  
*Pelobates fuscus*  
*Pelobates syriacus*  
*Pelobates cultripes*  
*Alytes obstetricans*  
*Salamandra salamandra*

#### **Osteichthyes**

*Abramis brama*  
*Cyprinus carpio*  
*Carassius auratus*  
*Gobio gobio*  
*Barbus barbus*  
*Barbus bocagei*  
*Barbus tauricus bergi chichkov*  
*Barbus meridionalis*  
*Chondrostoma polylepis*  
*Chondrostoma toxostoma*  
*Chondrostoma nasus*  
*Leuciscus cephalus*  
*Leuciscus idus*  
*Leuciscus rutilus*  
*Vimba vimba tenella*  
*Perca fluviatilis*  
*Lucioperca lucioperca*  
*Anguilla anguilla*  
*Esox lucius*  
*Salmo trutta*  
*Salmonidae ni*  
*Scardinius erythrophthalmus*  
*Gadus morhua*  
*Pollachius pollachius*  
*Pollachius virens*  
*Brosimius brosme*  
*Labrus berggylta*  
*Cyclopterus lumpus*  
*Lophius piscatorius*

*Lota vulgaris*  
*Lota lota*  
*Thymallus thymallus*  
*Oncorhynchus mykiss*  
*Blicca bjoerkna*

### **Invertebrata**

*Abax parallelus*  
*Polysarcus denticauda*  
*Tettigonia viridissima*  
*Tettigonidae* spp.  
*Decticus albifrons*  
*Platycleis albopunctata*  
*Decticinae* spp.  
*Lucanus cervus* (Lucanidae)  
*Dorcus parallelipedus*  
*Cerambyx cerdo* (Cerambycidae)  
*Cerambyx scopolii*  
*Ephippiger ephippiger*  
*Scarabeus sacer*  
*Copris hispanus* (Scarabaeidae)  
*Copris lunaris*  
*Silpha carinata*  
*Geotrupes vernalis*  
(Scarabaeidae)  
*Geotrupes stercorosus*  
*Pentodon bidens*  
*Melolontha melolontha*  
(Coleoptera)  
*Netocia morio*  
*Amphimallon solstitialis*  
*Typhaeus typhoeus* (Coleoptera)  
*Calosima violaceus*  
*Calosoma maderae*  
*Calosoma sycophanta*  
*Tomocarabus convexus*  
*Procrustes coriaceus*  
*Chrysotribax hispanicus*  
*Colymbetes fuscus*  
*Hydrous piceus*  
*Carabus melancholicus*  
*Carabus auratus*  
*Carabus auronitens*  
*Carabus cancellatus*

*Carabus granulatus*  
*Carabus intricatus*  
*Carabus monilis*  
*Carabus hortensis*  
*Carabus nemoralis*  
*Carabus coriaceus*  
*Carabus purpurascens*  
*Carabus violaceus*  
*Oryctes nasicornis*  
(Scarabaeidae)  
*Oryctes* spp.  
*Capnodis tenebrionis*  
*Buprestis rustica*  
*Ergates faber*  
*Aegosoma scabricorne*  
*Typhaeus momus*  
*Typhaeus typhaeus*  
*Typhaeus* spp.  
*Ceratophyus hoffmannseggii*  
*Cetonia aurata*  
*Rhizotrogus* spp.  
*Nicrophorus* spp.  
*Scarites* spp.  
*Tentyria* spp.  
*Odonata* spp.  
*Pimelia costata*  
*Akis* spp. (Tenebrionidae)  
*Cybister lateralmarginalis*  
*Hylobius abietis*  
*Buprestidae* ni  
*Dytiscidae* ni  
*Blaps* spp.  
*Prismognathus subaneus*  
*Holotrichia diomphalia*  
*Pimela* spp.  
*Elateridae* ni  
*Staphylinidae* ni  
*Silphidae* ni  
*Procrustes coriaceus*  
*Grylotalpa grylotalpa*  
*Gryllus campestris*  
*Saga pedo*

*Ognevia sergii*  
*Haplotropis brunneriana*  
*Orthoptera* ni  
*Murimus* spp.  
*Acrididae* ni  
*Mantis religiosa*  
*Lyristes plebejus*  
*Anechura bipunctata*  
*Anacridium aegyptium*  
*Locusta migratoria*  
*Oedipoda germanica*  
*Euscorpius carpathicus*  
*Euscorpius flavicaudis*  
*Buthus occitanus*  
*Scolopendra cingulata*  
*Scolopendra* spp.  
*Potamon potamius*  
*Cancer pagurus*  
*Carcinus maenas*  
*Carcinus aestuari*  
*Buccinum* spp.  
*Austropotamobius pallipes italicus*  
*Decapoda* ni  
*Solifugae* ni  
*Cambarus affinis*  
*Cambarellus montezumae*  
*Procambarus clarkii*  
*Scorpionidae* ni  
*Limacidae* ni  
*Littorina obtusata*  
*Thais* spp.  
*Astacus fluviatilis*  
*Orconectes limosus*  
*Cepaea hortensis*  
*Cepaea nemoralis*  
*Dreissena polymorpha*  
*Tineidae* ni  
*Pieridae* ni  
*Geocoridae* ni

## Anexo II – Referências da base de dados da dieta do bufo-real

- Abel, J. (2007). Le Grand-duc d'Europe en Côte-d'Or. *L'Aile Brisée*, 16, 54–62.
- Aftyka, S. (n.d.). Pokarm puchacza *Bubo bubo* na Lubelszczyźnie, 1-80.
- Aguilar, A., & Ballvey, D. G. (1998). L'alimentació del duc (*Bubo bubo*) al massís de Garraf, 47–51.
- Aubépine AL-JCT (2010). Fiche espèce: Grand-duc d'Europe, 1-10.
- Alaya, H. B., & Nouira, S. (2007). Le régime alimentaire de trois espèces de rapaces nocturnes en Tunisie: la chouette chevêche, la chouette effraie et le hibou grand-duc. *Ostrich*, 78(2), 377–379.
- Albrecht, R., & Quade, V. (2002). First results of joint research of food. When the OWL by the national hunting Association and the National Association for Owl protection.
- Alivizatos, H., Goutner, V., & Zogaris, S. (2005). Contribution to the study of the diet of four owl species (Aves, Strigiformes) from mainland and island areas of Greece. *Belgian Journal of Zoology*, 135(2), 109–118.
- Antón, M. D., Pérez-García, J. M., Botella, F., & Sánchez-zapata, J. A. (2008). Dieta Del Buho Real (*Bubo Bubo*) En Sur De La Provincia De Alicante.
- Arlettaz, R. (1988). Statut du Hibou Grand-duc, *Bubo bubo*, en Valais Central. *Bulletins Des Travaux de La Societe Murithienne Du Valais*, 106, 3–23.
- Balluet, P. (2010). Le Grand-duc. *LPO Mission Rapaces*, 6, 1–12.
- Balluet, P., & Faure, R. (2006). Le Grand-duc d'Europe *Bubo bubo* dans le département de la Loire. *Nos Oiseaux*, 53, 195–208.
- Banz, K., & Degen, G. (1975). Zur gegenwärtigen Verbreitung und Ernährung des Uhus (*Bubo bubo* L.) im Westteil der VR Polen. *Beitraege Vogelkundliche*, 21, 258–265.
- Bassi, E., Bonvicini, P., & Galeotti, P. (2001). Analisi e andamento stagionale della dieta di Gufo reale (*Bubo bubo*) in provincia di Bergamo, 1-3.
- Baumgart, W. (1975). An Horesten des Uhus (*Bubo bubo*) in Bulgarien. Der Uhu in Nordostbulgarien. *Ausgegeben*, 33(18), 251–275.
- Baumgart, W., Simeonov, S., Zimmermann, M., Bünsche, H., Baumgart, P., & Kühnast, G. (1973). An Horsten des Uhus (*Bubo bubo*) in Bulgarien. Der Uhu im Iskerdurchbruch (Westbalkan). *Ausgegeben*, 32(14), 204–247.
- Bayle, P. (1992). Le Hibou Grand-duc *Bubo bubo* dans le Parc National du Mercantour et ses environs. In *Parc National du Mercantour Convention*, 1–29.
- BBC (2005). Gufo reale. Gruppo di Studio Sul Gufo Reale in Provincia di Cuneo (dados não publicados), 1-4.
- Beate, M. C. (1998). Zur Verbreitung und Nahrungsökologie des Uhus (*Bubo b. bubo*) in Kärnten mit besonderer Berücksichtigung der Wechselbeziehung zum Waderfalken (*Falco p. peregrinus*). Veterinärmedizinische Universität Wien.
- Bezzel, E., Obst, J., & Wickl, K. (1976). Zur Ernährung und Nahrungswahl des Uhus (*Bubo bubo*). *Journal of Ornithology*, 117(2), 210–238.
- Bionda, R. (2007). Dieta del gufo reale *Bubo bubo* nella provincia del Verbano Cusio Ossola, Alpi centro-occidentali italiane: confronto tra diverse tipologie ambientali.

- Blondel, J., & Badan, O. (1976). La biologie du Hibou grand-duc en Provence. *Nos Oiseaux*, 33(5), 189–219.
- Bocheński, Z. (1960). The diet of the eagle-owl *Bubo bubo* (L.) in the Pieniny Mts. *Acta Zoologica Cracoviensia*, 31(8), 311–332.
- Боев, Z. (1993). Вилон състав и метрична характеристика на бухала (*Bubo bubo* (L., 1758). *Historia Naturalis Bulgarica*, (4), 47–56.
- Burnier, J., & Hainard, R. (1948). Le Grand-duc chez lui. *Nos Oiseaux*, 9(198), 217–236.
- Calvini, M., & Valfiorito, R. (2012). Il Gufo reale in Liguria, 1-4.
- Casanova, M., & Galli, L. (1998). Primi dati sulla biologia del gufo reale, *Bubo bubo*, nel finalese (Liguria Occidentale), 68(2), 167–174.
- Caula, B., Beraudo, P. L., Pettavino, M., & Blangetti, F. (2008). Il Gufo reale in Provincia di Cuneo. BBC - Grupo Di Studio Sul Gufo Real in Provincia Di Cuneo (dados não publicados).
- Caula, & Beraudo. (2014). Gufo reale. BBC - Grupo Di Studio Sul Gufo Real in Provincia Di Cuneo. *Ornitologia Cuneese*, 360-363.
- Choi, C., Nam, H., & Lee, W. (2007). Diets and Foraging Tactics of Eurasian Eagle Owls (*Bubo bubo*) in Two Different Habitat Types. *Korean Journal of Environmental Ecology*, 21(1), 30–37.
- Choussy, D. (1971). Etude d'une population de Grand-ducs *Bubo bubo* dans le Massif Central. *Nos Oiseaux*, 31(2-3), 37–57.
- Cugnasse, J. (1983). Contribution à l'étude du Hibou grand-duc, *Bubo bubo*, dans le sud du Massif Central. *Nos oiseaux*, 37: 117-128.
- Cui, Q., Su, J., & Jiang, Z. (2008). Summer diet of two sympatric species of raptors Upland Buzzard (*Buteo hemilasius*) and Eurasian Eagle Owl (*Bubo bubo*) in alpine meadow: Problem of coexistence. *Polish Journal of Ecology*, 56(1), 173–179.
- Curry-Lindahl, K. (1950). Berguovens, *Bubo bubo* (L.), förekomst i Sverige jämte något om dess biologi. *Vår Fågetvärld*, 9(3), 113–165.
- Darolová, A. (1990). Food composition in the Eagle-owl (*Bubo bubo* Linnaeus, 1758) in Small Carpathians. *Biologia (Bratislava)*, 45(10), 831–840.
- Delgranche, G., Leduc, A., & Tombal, J. (2010). Suivi de la reproduction du Grand-Duc d'Europe. Em Syndicat mixte du Parc naturel régional de l'Avesnois, Association Aubépine, 1–70.
- Desfayes, M., & Géroudet, P. (1949). Notes sur le Grand-duc. *Nos Oiseaux*, 10(3-4), 1–8.
- Donazar, J. A. (1989). Variaciones geograficas y estacionales en la alimentacion del buho real (*Bubo bubo*) en Navarra. *Ardeola*, 36(1), 25–39.
- Donázar, J. A., & Ceballos, O. (1984). Algunos datos sobre status, distribución y alimentación del buho real (*Bubo bubo*) en Navarra, 246–254.
- Donázar, J. A., & Ceballos, O. (1988). Sur l'alimentation du Hibou Grand Duc (*Bubo bubo*) dans une localité de la haute montagne pyrénéenne espagnole. *Alauda*, 56(3), 274–276.
- Drebet, M. V. (2008). Feeding of the Eagle Owl *Bubo bubo* L. in the area of the National Nature Park "Podilski Tovtry." *Scientific Bulletin of Uzhgorod University*, (23), 40–41.
- Ekimov (2003). Trophic relationships and spatial location Sovoobraznyh in Middle Siberia. Krasnoyarsk State Pedagogical University, 1-40.

- Ekimov, E. B., & Safonov, A. A. (2004). НОВЫЕ СВЕДЕНИЯ О ТРОФИЧЕСКИХ СВЯЗЯХ ФИЛИНА В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ДОЛИНЫ ЕНИСЕЯ, 1-11.
- Emmett, R. E., Mikkola, H., Mummery, L., & Westerhoff, G. (1972). Prey found in Eagle Owls' nest in central Sweden, 482-483.
- Epifanio, J. C., Novegil, A., Novegil, A., & González, J. (2006). Primeros datos sobre la biología del búho real en Galicia. *Quercus*, (240), 10–13.
- Estafiev, A. A., & Neifeld, N. D. (1999). Avifauna. Nonpasseriformes, Strigiformes. Fauna of European North-East of Russia, 1(2), 59–66.
- Fernández-Llario, P., & Hidalgo de Trucios, S. J. (1995). Importancia de presas con limitaciones físicas en la dieta del buho real, *Bubo bubo*. *Ardeola*, 42(2), 205–207.
- Frafjord, K. (2003). Do eagle select larger water voles? *Fauna Norvegica*, 23, 42–47.
- Frey, H. (1973). Zur Ökologie niederösterreichischer Uhupopulationen. *Egretta*, 16(1/2), 1–71.
- Frey, H. (1976). Notizen über einen freilebenden, flugunfähigen Uhu (*Bubo bubo*) aus dem Waldviertel (Niederösterreich). *Journal of Ornithology*, 117(4), 465–468.
- Frey, H., & Walter, W. (1974). Brutvorkommen und Nahrungsökologie des Uhus (*Bubo bubo*) im Burgenland. *Egretta*, 20(1), 1977.
- Frey, H., & Walter, W. (1986). Zur Ernährung des Uhus, *Bubo bubo* (Linnaeus 1758), Aves, an einem alpinen Brutplatz in den Hohen Tauern (Salzburg, Österreich). *Annalen Des Naturhistorischen Museums in Wien*, 88/89, 91–99.
- Gallardo, M., Austruy, J. C., Neri, J. S., Torré, J., & Thibault, J. C. (1987). Gestion des populations de grands rapaces. *Revue D Ecologie (La Terre Et La Vie)*, 4, 241–252.
- Geidel, C. (2012). Entwicklung neuartiger Schutzkonzepte für den Uhu (*Bubo bubo*), *Abschlussbericht*, 195.
- Géroutet, P. (1970). Les rapaces diurnes et nocturnes d'Europe. Delachaux et Niestlé, La vie des oiseaux. Paris: Neuchâtel (Suíça).
- Görner, M. (1977). Der uhu und sein schutz in Thüringen. *Jahrgang Sonderheft*, 14, 1–17.
- Grishanov, G. V. (1994). ЧАСТЬ I. ФИЛИН (*Bubo bubo* L.) В ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ АРЕАЛА. Kaliningrad State University, 1-154.
- Grönlund, S., & Mikkola, H. (1974). Huuhkajan ravinnosta kymenlaaksossa. *Kymenlaakson Luonto*, 3(15), 13–17.
- Grüll, A., & Frey, H. (1992). Bestandsentwicklung, Bruterfolg und Nahrungszusammensetzung des Uhus (*Bubo bubo*) im Burgenland von 1981 bis 1991. *Egretta*, 35, 20–25.
- Hagen, Y. (1950). Noen iakttagelser over hubro (*Bubo Bubus* L.) i Rogaland. Stavanger Museums årbok årg, 60, 93–109.
- Herrlinger, E. (1973). Die wiedereinbürgerung des uhus *Bubo bubo* in der Bundesrepublik Deutschland. *Bonner Zoologische Monographien*, 4, 1–151.
- Hirald, F., Andrada, J., & Parreño, F. F. (1975). Diet of the Eagle Owl (*Bubo bubo*) in Mediterranean Spain. Doñana, *Acta Vertebrata*, 2(2), 161–177.
- Huhtala, K., Finnlund, M., & Korpimäki, E. (1976). Huuhkajan Pesimäaikaista Ravinnosta Vassan Läänissä. *Suomenselän Linnut*, 11, 4–13.

- Ilyukh, M. P., Khokhlov, A. N., & Parfenov, E. A. (2009). Ecology of owls in the Stavropol Region, 202-228.
- Obuch, J.. (2002). Podhorský typ potravy výra skalného (*Bubo bubo*) na Horehroní. In Výskum a ochrana prírody Muránskej planiny 3, Uhrin M., 163–169.
- Jaksić, F. M., & Marti, C. D. (1984). Comparative Food Habits of Bubo Owls in Mediterranean-type Ecosystems. *The Condor*, 86, 288–296.
- Jiy'iko, & Muux. (2006). ТРОФІЧНІ ЗВ'ЯЗКИ ПУГАЧА (*Bubo bubo* (L.) у ГАЛИЦЬКОМУ НАЦІОНАЛЬНОМУ ПРИРОДНОМУ ПАРКУ, 39-44.
- Kašpar, T., & Anděra. (2011). Small mammals in the owl pellets in Moravia and Silesia, Czech Republic (Rodentia, Chiroptera, Eulipotyphla). *Lynx*, 42, 113–132.
- Koch, S. (2005). Mortality factors and nestling diet of the Eagle owl *Bubo bubo* in Switzerland. Fakultät der Universität Bern, 1-34.
- Kolomiitsev, N. P., & Poddubnaya, N. Y. (1985). On biology of the *Bubo bubo* (L.) in Lazo Reserve (South Primorye). Rare and Endanegerd Bird of the Far East. Vladivostok: Far Easte Science Center, Academy of Sciences of the USSR, 81–84.
- Kondratenko, A. B., & Tovpinets, N. N. (2001). Млекопитающие в питании сов лонецко-лонских и лонецко-приазовских степей, 35(6), 95–98.
- Königstedt, B., & Königstedt, D. (1994). Zu Verhalten und Ernährung eines Uhus (*Bubo bubo*) in einem urbanen Lebensraum. *Acta Ornithoecologica*, 3(1), 47–51.
- Korpimäki, E., Huhtala, K., & Sulkava, S. (1990). Does the Year-To-Year Variation in the Diet of Eagle and Ural Owls Support the Alternative Prey Hypothesis? *Oikos*, 58(1), 47–54.
- Kropil, R., & Sládek, J. (1990). Príspevok k poznaniu potravy niektorých druhoc dravcov a sov na Slovensku. *Biológia (Bratislava)*, 45(10), 841–853.
- Krüger, J. H. (1983). Erfolgreiche Baumbrut des Uhus (*Bubo bubo* L.) i thüringen. *Beitraege Vogelkundliche*, 29(5/6), 293–296.
- Larraz, D. S. (1998). Diferencias interhabitat en la alimentacion del buho real (*Bubo bubo*) en el valle medio del ebro (ne de españa): efecto de la disponibilidad de conejo (*Oryctolagus cuniculus*). *Ardeola*, 45(1), 35–46.
- László, H. (1984). Adatok az uhu (*Bubo bubo*) magyarországi táplálkozásviszonyainak ismeretéhez, 11(2), 53–59.
- Laursen, J. T. (1999). diet of the Eagle Owl *Bubo bubo* in Denmark. *Dansk Ornitologisk Forenings Tidsskrift*, 93, 141–144.
- Leditznig, C. (2005). Der Einfluss der Nahrungsverfügbarkeit und der Nahrungsqualität auf die Reproduktion des Uhus *Bubo bubo* im Südwesten Niederösterreichs. *Ornithologischer Anzeiger*, 44, 123–136.
- Lönig, H., & Haensel, J. (1968). Ein Beitrag zum Vorkommen und zur Biologie des Uhus (*Bubo b. bubo*) im Nordharzgebiet. Beiträge Zur Vogelkunde, 13(4/5), 335–361.
- Lourenço, R. (2006). The food habits of Eurasian Eagle-Owls in Southern Portugal. *Journal Of Raptor Research*, 40(1), 297–300.
- Madlaina, B. (2012). Diet of an Avian Top-Predator. Analysing Eagle Owl Pellets From Nests on a North-Norwegian Archipelago. Hedmark University College, 1-20.

- Malafosse, J. P. (1984). Quelques données sur le hibou grand duc (*Bubo bubo*) dans le département de la Lozère de 1978 à 1984. *Le Grand Duc*, 26, 26–32.
- Marchesi, L., Sergio, F., & Pedrini, P. (2002). Costs and benefits of breeding in human-altered landscapes for the Eagle Owl *Bubo bubo*. *Ibis*, 144, 164–177.
- Martin, Y. (2000). Régime alimentaire du Grand-duc dans Puy de Dôme.
- Martínez, J. A., Falcó, F., Rico, L., Izquierdo, A., Izquierdo, J., Martínez-Valle, R., & Calatayud, P. (1996). Distribución y dieta del búho real en la provincia de Alicante. *Quercus*, 126, 20.
- Martínez, J. A., & Zuberogoitia, I. (2001). The response of the Eagle Owl (*Bubo bubo*) to an outbreak of the rabbit haemorrhagic disease. *Journal of Ornithology*, 142, 204–211.
- Martinez, J. E., & Calvo, J. E. (2001). Diet and breeding success of Eagle Owl in Southeastern Spain: effect of rabbit haemorrhagic disease. *Journal of Raptor Research*, 35(3), 259–262.
- März, R. (1936). Der Uhu auf Åland. *Ornis Fennica*, 13(1), 1936.
- Mellado, V. P. (1978). Alimentación del buho real (*Bubo bubo* L.) en España central. *Ardeola*, 25, 93–112.
- Melnikov, V. N., Novikov, S. V., Kiseleva, R. Y., & Chudnenko, D. E. (2009). Owls ecology in the Ivanovo Region, 185–187.
- Mikkola, H. (1975). Kuopion huuhkajien ravinnosta 1890- ja 1970-luvuilla. *Savon Luonto*, 6, 21–22.
- Mikkola, H., & Tornberg, R. (1973). Sex-specific diet analysis of the Eurasian Eagle Owl in Finland, 1-15.
- Miklós, V. (2006). Data on breeding population of Eagle Owl in Győr-Moson-Sopron County. *Heliaca*, 63–67.
- Miltschev, B. (2008). Nicht durch Nahrungsmangel hervorgerufener Kannibalismus beim Uhu *Bubo bubo*. *Ornithologische Mitteilungen*, 60(12), 402–406.
- Miszczyszyn, A., & Mikusek, R. (1995). Skład pokarmu puchacza *Bubo bubo* (L.) w Górach Bystrzyckich. *Przegląd Zoologiczny*, 39(1-2), 119–124.
- Mráz, L. (1987). Small mammals in the food of owls on the territory of South Bohemia. *Lynx*, 23, 63–74.
- Mysterud, I., & Dunker, H. (1983). Food and nesting ecology of the Eagle Owl *Bubo bubo* (L.) in four neighbouring territories in southern Norway. *Swedish Wildlife Research*, 12(3), 71–113.
- Navarro, J., Sánchez-Zapata, J. A., Carrete, M., Botella, F., Gavrilov, A., Sklyarenko, S., et al. (2003). Diet of three sympatric owls in steppe habitats of eastern Kazakhstan. *Journal of Raptor Research*, 37(3), 256–258.
- Nechaev, V. A. (1985). Nesting of *Bubo bubo* (L.) in a basin of Borisovka River (South Primorve). Rare and Endangered Birds of the Far East. Vladivostok: Far East Science Center, Academy of Sciences of the USSR, 77–80.
- Nellis, R. (2006). The Eagle Owl and its conservation in Estonia. Estonian, Ornithological Society, 30-57.
- Neumann, H. (1990). Conservarea deltei dunarii in Romania. In Rezolutia Nr. 10 a Conferintei Mondiale a Consiliului International Pentru Protectia Pasarilor, 1-2.
- Numerov, A. D., & Zolotarev, A. A. (1999). Materials on the Eagle Owl feeding in Khrenov pine



- wood. Rare Bird Species and Valuable Ornithological Territories of the Central Non-Black Earth Area, 1, 81.
- Nyffeler, P. (2004). Nestling diet, juvenile dispersal, and adult habitat selection of the Eagle owl *Bubo bubo* in the Swiss Rhône valley. Fakultät der Universität Bern, 1-42.
- Obuch, J. (1992). Porovnanie potravy 4 druhov sov z 3 území ČSFR. *Zprávy MOS*, 50, 17–25.
- Obuch, J. (1994). On the food of Eagle-owl (*Bubo bubo*) and Tawny owl (*Strix aluco*) in the eastern part of Turkey. *Tichodroma*, 7, 7–16.
- Obuch, J. (2002). Potrava sov v oblasti Tatier: 65-ročná história vyskumu. *Oecologia Montana*, 11, 77–81.
- Obuch, J., & Bangjord, G. (2014). Diett hos hubro i Trøndelag. *Foreløpig årsmelding*, 1-18.
- Obuch, J., & Benda, P. (1996). Contribution to the feeding ecology of *Strix aluco* and *Bubo bubo* (Aves: Strigiformes) in southwestern Bulgaria. *Acta Societatis Zoologicae Bohemoslovenicae*, 60, 43–49.
- Obuch, J., & Karaska, D. (2010). The Eurasian eagle-owl (*Bubo bubo*) diet in the Orava Region (N Slovakia). *Slovak Raptor Journal*, 4, 83–98.
- Obuch, J., & Rybin, S. (1993). Food of the Eagle Owl (*Bubo bubo zaisanensis chachlov*) in Southern Kirghizia (Osh District). *Foila Zoologica*, 42(1), 19–31.
- Olsson, V. (1979). Studies on a Population of Eagle Owls, *Bubo bubo* (L.), in Southeast Sweden. *Wildlife, Viltrevy - Swedish*, 2(1), 1–98.
- Orsini, P. (1985). Le régime alimentaire du Hibou Grand-duc *Bubo bubo* en Provence. *Alauda*, 1, 11–27.
- Papageorgiou, N. K., Vlachos, C. G., & Bakaloudis, D. E. (1993). Diet and nest site characteristics of Eagle Owl (*Bubo bubo*) breeding in two different habitats in north-eastern Greece. *Avocetta*, 17, 49–54.
- Penteriani, V., Sergio, F., del Mar Delgado, M., Gallardo, M., & Ferrer, M. (2005). Biases in population diet studies due to sampling in heterogeneous environments: a case study with the Eagle Owl. *Journal of Field Ornithology*, 76(3), 237–244.
- Pieper, H. (1981). Zur säugetierenahrung des Uhus (*Bubo bubo*) auf der griechischen Insel Lesbos. *Die Vogelwelt*, 102(2), 55–56.
- Popescu, A. (1966). Despre cuibaritul si hrana bufnitei (*Bubo bubo bubo* L.) in Dobrogea de Nord. *Ocrotirea Naturii*, 10(2), 217–221.
- Pugaciewicz, E. (1995). Stan populacji puchacza (*Bubo bubo*) na Nizinie Północnopodlaskiej w latach 1984-1994. *Notatki Ornitologiczne*, 36(1-2), 119–134.
- Real, J., Galobart, A., & Fernández, J. (1985). Estudi preliminar d'una població de duc *Bubo bubo* al Vallès i Bages. In *El Medi Natural del Vallès. I Colloqui de Naturalistes Vallesans*, 175–186.
- Ricacci, L., & Scaravelli, D. (1998). Primi dati sull'ecologia trofica del Gufo reale *Bubo bubo* (L. 1758) nell'Appennino settentrionale (Strigiformes, Strigidae), 1-13.
- Riols, C. (n.d.). Dados não publicados.
- Rockenbach, D. (1953). Der Uhu *Bubo bubo* in Baden-Württemberg - Wie Phönix aus der Asche! *Anzeiger Der Ornithologische Gesellschaft in Bayern*, 44, 117–122.

- Rockenbach, D. (1978). Untergang und Wiederkehr des Uhus *Bubo bubo* in Baden-Württemberg. *Anzeiger Der Ornithologische Gesellschaft in Bayern*, 17(3), 293–328.
- Roguin, L. (1988). Preu remains of the Eagle Owl, *Bubo bubo*, L., from Northern Tyrol (Austria). *Berichte Des Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereins in Innsbruck*, 75, 241–244.
- Rosina, V. V., & Shokhrin, V. P. (2011). Bats in the diet of owls from the Russian far east, southern Sikhote Alin. *Hystrix*, 22(1), 205–213.
- Ryabtsev, V. V. (1991). On the Eagle Owl ecology in the forest-steppe *Front-Baikalia*, (25), 206–207.
- Ryabtsev, V. V., & Rezin, V. S. (2009). Ecology of the owls in Western Pribaikalye. Institute of Ecology and Evolution, Moscow State Pedagogical University, 231–245.
- Sackl, P., & Dölmayer, G. (1996). Zur Siedlungsbiologie und Ökologie des Uhus (*Bubo bubo*) im oberen Murtal (Steiermark, Österreich). *Abhandlungen Der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Österreich*, 129, 33–45.
- Sándor, A. D., & Ionescu, D. T. (2009). Diet of the eagle owl (*Bubo bubo*) in Braşov, Romania. *North-Western Journal of Zoology*, 5(1), 170–178.
- Sándor, D. A., & Bugariu, S. (2008). Food habits of the Eurasian Eagle Owl (*Bubo bubo*) in Cheile Dobrogei Gorge. *Scientific Annals of the Danube Delta Institute*, 14, 69–74.
- Sascor, R., & Maistri, R. (1996). Il Gufo reale. Ecologia, Status e Dinamica di Popolazione in Alto Adige. Delegazione WWF Trentino Alto Adige, 1–91.
- Schaefer, H. (1938). Wovon ernährt sich der Uhu im Gebirge, 21–25.
- Schaefer, H. (1971). Beutetiere des Uhus (*Bubo bubo*) aus Karpaten und Lappland. *Bonn Zoological Bulletin*, 22(1/2), 153–160.
- Schaefer, H. (1972). Neues vom Uhu (*Bubo bubo*) aus der Hohen Tatra. *Ochrana Fauny*, 6(4), 159–165.
- Schweiger, A., & Lipp, L. (2011). Ornithologischer anzeiger. *Ornithologischer Anzeiger*, 50(1), 1–21.
- Seriot, J. (1986). Statut et biologie de trois especes de grands rapaces rupestres dans le Parc Naturel Regional du Haut Languedoc (Aigle royal, Aigle de Bonelli et Hibou Grand Duc), 19–29.
- Shebab, A. H. (2004). Diet of the eagle owl, *Bubo bubo*, in Syria. *Zoology in the Middle East*, 33, 21–26.
- Shepel, A. I. (1992). Birds of prey and owls of the Perm Front-Kama River Area. Irkutsk University Press, 202–220.
- Shin, D., & Yoo. (2013). Spatial variation of Eurasian Eagle-owl diets in wetland and non-wetland habitats in West-Central Korea. *Journal Of Raptor Research*, 47(4), 400–409.
- Shokhrin, V. P. (2009). Biology of owl of Southern Sikhote-Alin, 246–265.
- Simeonov, S. (1998). Study of the Eagle Owl (*Bubo bubo* (L.)) (Aves: Strigiformes) in the Strandzha Mountain (Southeast Bulgaria). Food spectrum and trophic specialization. *Acta Zoologica Bulgarica*, 50(2/3), 87–100.
- Simeonov, S. L., & Voev, Z. N. (1988). Проучване върху хранителния спектър на бухала (*Bubo bubo* (L.)) в България, 47–56.

- Sokolov, A. Y. (2009). Observation of the Eagle Owl's breeding in the Bobrov District, Voronezh Region, 158-159.
- Suchý, O. (2003). A contribution to the knowledge of the Eagle Owl's (*Bubo bubo*) diet in Jeseníky Mountains in 1955-2000. *Buteo*, 13, 31–39.
- Sulkava, S. (1966). Huuhkajan pesimisaikaisesta ravinnosta suomessa. *Suomen Riista*, 18, 145–156.
- Sulkava, S., Korpimäki, E., & Huhtala, K. (1991). Kleinsäugerzyklen und ihr nahrungsökologie der eulen in Finnland. *Populationsökologie Greifvogel -U. Eulenarten*, 2, 423–433.
- Sulkava, S., Lokki, H., & Koivu, J. (2008). Huuhkajan pesimisaikainen ravinto Hämeessä 1994-2006. *Suomen Riista*, 54, 83–94.
- Tavarnier, G. (2011). Regime alimentaire dans le Tarn et L'Ariege. Hibou Grand-Duc en Midi-Pyrénées. Consultado a 1 de Janeiro de 2014. Disponível em [www.hibou-grand-duc.fr/regime-alimentaire/regime-alimentaire-dans-le-tarn-et-l'ariege/1777](http://www.hibou-grand-duc.fr/regime-alimentaire/regime-alimentaire-dans-le-tarn-et-l'ariege/1777)
- Thiollay, J. M. (1969). Essai sur les rapaces du Midi de la France. *Alauda*, 1, 17–27.
- Tibor, H., Sándor, M., Attila, P., János, S., & Ressel, M. (1993). A Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület nyugat-dunántúli csoportjainak lapja. *Szélkiáltó*, 7, 1–23.
- Tobajas, J. (2012). Respuestas funcionales del búho real (*Bubo bubo*) ante los cambios en la abundancia de conejo (*Oryctolagus cuniculus*) en el centro de la Península Ibérica. Instituto de Investigación En Recursos Cinegéticos (IREC-CSIC-UCLM-JCCM), 1-39.
- Toffoli, R., Beraudo, P., Caula, B., & Pavia, M. (1999). L'alimentazione di una coppia di Gufo reale *Bubo bubo* sulle Alpi Marittime. *Avocetta*, (23), 102.
- Toffoli, R., & Bionda, T. (1997). Il Gufo reale *Bubo bubo* in Piemonte. Primi dati su distribuzione, riproduzione, mortalità ed alimentazione. *Avocetta*, (21), 99.
- Tormen, G., & Cibien, A. (1993). Il Gufo reale *Bubo bubo* in provincia di Belluno. Dati preliminari. In 1o Convegno Faunisti Veneti - Montebelluna (TV), 53–59.
- Tumurbat, J., Sundev, G., & Yosef, R. (2009). Nest Site and Food Composition of the Eagle Owl *Bubo bubo* in Mongolia Nest site and food composition of the Eagle Owl *Bubo bubo* in Mongolia, 97(4), 519–523.
- Uttendörfer, O. (1952). Neue Ergebnisse über die Ernährung der Greifvögel und Eulen. *Stuttgart*, 230.
- Vericad, J. R., Escarré, A., & Rodríguez, E. (1975). Datos sobre la dieta de *Tyto alba* y *Bubo bubo* en Alicante (SE de Iberia). Mediterránea. Serie de Estudios Sobre Biología Terrestre Mediterránea, 47–59.
- Vetrov, V. V., & Kondratenko, A. V. (2002). Особенности питания филина (*Bubo bubo*) в луганской области (восточная Украина). *Vestnik Zoologii*, 36(6), 31–38.
- Vondráček, J. (1978). Zur Nahrungsökologie des Karpatenuhus, *Bubo bubo*. *Beitraege Vogelkundliche*, 24, 91–93.
- Vondráček, J. (1983). Příspěvek k potravní ekologii a složení potravy výra velkého na severočeských lokalitách. *Sylvia*, 39(54), 39–54.
- Voronetsky (1994). Karyakin – dados não publicados.
- Voskamp, P. (2004). Opmars van Oehoes in Zuid-Limburg. *Limburgse Vogels*, 14, 1–8.

- Vrana, L., Velebit, N., & Lakes, P. (2002). Ornithological investigations in Croatia and the importance of the *Acrocephalus* Journal for knowledge about the birds in Croatia. *Acrocephalus*, 23(112), 65–66.
- Wagner, G., & Springer, M. (1970). Ernährung des Uhus *Bubo bubo* im Oberengadin. *Der Ornithologische Beobachter*, 67(3), 77–94.
- Wassink, G. (2003). Eerste broedgeval van Oehoe *Bubo bubo* in de Achterhoek. *Limosa*, 76(1), 1–10.
- Wassink, G., & Bijlsma, R. (2006). Predatie van roofvogels en uilen door Nederlandse en enkele Noordrijn-Westfaalse Oehoes *Bubo bubo* in 2002-06. *De Takkeling*, 14(3), 236–250.
- Wassink, G., & Hingmann, W. (2010). Het dieet van de Oehoe in Nederland en enkele, aangrenzende gebieden in Duitsland. *Limosa*, 83(3), 97–108.
- Willgoos, J. F. (1974). The Eagle Owl *Bubo bubo* (L.) in Norway. *Sterna*, 27, 129–177.
- Zemanová (2009). Hoot-OWL great food in Central Moravia. Palacý University, Olomouc, 1-26.
- Zolotarev (1994). *Bubo* - Russie (dados não publicados).